

**GESTÃO DE ENERGIA**  
**SONAFI S.A.**

*Pedro Jorge Dias Fernandes*

Relatório do Projecto Final / Dissertação do MIEM

Orientador na Empresa: Eng. Bernardo Cardoso

Orientador na FEUP: Prof. Óscar Mota



**FEUP**

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Julho de 2009

**MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA 2008/2009**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Tel. +351-22-508 1721

Fax +351-22-508 1445

[casimiro@fe.up.pt](mailto:casimiro@fe.up.pt)*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

[feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)<http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica - 2008/2009 - Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

Dedico esta dissertação aos meus pais.

Unir, Resistir, Lutar, Vencer...

Joaquim Reis



## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de expressar os meus mais sinceros agradecimentos a todos aqueles que estiveram envolvidos directa ou indirectamente com o meu percurso académico incluindo professores, nomeadamente ao meu orientador de projecto Prof. Óscar Mota pelo seu contributo e disponibilidade em abraçar este projecto, assim como a funcionários, colegas e amigos com destaque para o Cristiano Amaro, Pedro Rio, João Reis, Paulo Pesqueira e João Guimarães pois sem dúvida os seus contributos foram essenciais para o desenrolar e amadurecimento da minha formação académica.

Agradeço à SONAFI e a todos os seus colaboradores, com um especial obrigado ao Joaquim Reis e ao Eng. Bernardo Cardoso, pela oportunidade de realizar o meu estágio curricular nas suas instalações, permitindo-me desenvolver competências técnicas e sociais que serão de todo uma mais-valia para a minha ingressão no mundo do trabalho.

Por fim quero deixar um especial apreço aos meus pais, pois sem eles nada disto seria possível.

**A Todos, Muito Obrigado!**



## RESUMO

A energia é de importância vital nas economias de hoje. Quer a nível nacional através da Estratégia Nacional para a Energia aprovada pela RCM nº 169/2005, quer a nível Europeu pelo plano “Política Energética para a Europa” lançado em 2007, têm vindo a ser desenvolvidas acções que visam transformar a Europa numa economia energética altamente eficiente onde os estados membros deverão reduzir até 2020 o consumo energético em 20%.

Neste contexto, e segundo o âmbito do projecto de fim de curso da Opção de Produção, Desenvolvimento e Engenharia Automóvel do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, foi realizado um Estágio Curricular de quatro meses na SONAFI SA (Sociedade Nacional de Fundação Injectada) sendo o objectivo monitorizar e verificar os consumos energéticos da empresa, com o fim de poder elaborar um plano eficaz de redução de energia com impacto no ambiente e na contabilidade, fazendo com que SONAFI se torne uma empresa mais competitiva nos mercados nacionais e internacionais.

O projecto de Gestão de Energia apresentado neste relatório procurou delinear o comportamento energético da empresa, através da estruturação de um Sistema de Gestão de Energia que poderá ser actualizado a cada ano e exportado para todas as empresas do grupo. Para tal foi elaborada uma Auditoria Energética preliminar com o objectivo de representar uma “Fotografia” dos consumos energéticos, efectuando o levantamento das redes de Gás Natural, Água, Electricidade, da energia consumida globalmente, sectorialmente assim como de todos os equipamentos, tornando possível calcular e analisar o consumo específico dos últimos três anos.

Por conseguinte foi efectuada uma análise detalhada da factura da energia eléctrica, com o intuito de compreender qual o ciclo de facturação mais indicado para a SONAFI, mediante a repartição dos consumos pelos períodos de facturação em vigor.

De acordo com as directrizes obtidas na Auditoria Energética, foram apresentadas diversas propostas com os respectivos orçamentos e planos de “payback” para a eficiência energética, sendo um dos objectivos do presente trabalho a elaboração de um plano de racionalização a cinco anos segundo o Plano de Racionalização de Consumo de Energia (PRCE) da Direcção Geral de Energia e Geologia.

Foram desenvolvidos e apresentados sistemas de gestão e monitorização dos fornos de fusão, devido a estes serem responsáveis pelo maior consumo de gás natural. Foi também proposto um “Software” de gestão e monitorização dos consumos de electricidade assim como a sua implementação nos diversos sectores da empresa.

É pois, como elemento adjectivador da engenharia, e concomitantemente como preocupação ambiental sobre o mundo, que parte a iniciativa do presente relatório, retratando aqui o terreno do trabalho.

**PALAVRAS-CHAVE:** Energia, Gestão, Eficiência, Auditoria, Monitorização.





## ABSTRACT

Presently, energy plays a vital role on economy. Many actions have been developed both in Portugal (National Strategy for Energy approved by the SPC No 169/2005) and in the European Union (Energy Policy for Europe launched in 2007), in order to transform Europe's energy economy into a highly efficient one. In fact, all the member countries should reduce the energy consumption in 20%, by 2020.

In this context, and according to the project of the Graduation Option in Production, Development and Integrated Master of Engineering in Automotive Mechanical Engineering, it was built a project of Energy Management in SONAFI (National Society of Casting injected).

The work presented in this report sought to outline the company's energy performance, through the structuring of an Energy Management System that can be updated every year and exported to every company within the group. Therefore, a preliminary energy audit of the enterprise was made with the aim of composing a picture of its energy consumption pattern. It was necessary to collect all the data related to the energy networks (Natural Gas, Water and Electricity), global energy consumption, and consumption of each sector and equipment, making it possible to calculate and analyze the specific consumption of the last three years.

An analysis of the detailed electricity invoice was, thus, made, in order to understand which of the billing cycle would be more suitable for SONAFI, according to the distribution of the consumption by the periods of turnover in force.

According to the guidelines obtained from the energy audit, several proposals were presented with their budgets and payback plans for energy efficiency, culminating into a five year streamline plan under the Energy Consumption Rationalization Plan (PRCE) of the Directorate General Energy and Geology.

Finally, management and melting furnaces to monitoring systems were developed and presented in order to make combustion more efficient, even allowing to monitor its characteristic curves. It was also offered an electricity consumption management and monitoring software, as well as its implementation in the various business sectors.

It is, therefore, as part of a characterizing process of engineering, and concurrently as a global environmental concern that this report is generated, here depicting the working field.

Keywords: ENERGY, MANAGEMENT, EFFICIENCY, AUDIT, MONITORING.



## ÍNDICE DE CONTEÚDOS

1. Introdução .....	1
1.1. Apresentação da Empresa .....	1
1.1.1. Localização.....	2
1.1.2. História da Empresa .....	3
1.1.3. Estrutura Organizacional da Empresa .....	3
1.1.4. Filosofia da Empresa.....	4
1.1.5. Matérias-primas.....	5
1.1.6. Clientes.....	6
1.1.7. Sector de Produção.....	6
1.1.8. Resumo do Processo de Produção.....	10
2. Fundição Injectada.....	11
2.1. Descrição .....	11
2.2. Moldes .....	15
2.3. Tipos de Fundição Injectada .....	17
2.4. Vantagens, Desvantagens e Requisitos.....	18
3. Eficiência Energética.....	21
3.1. Regulamento de Gestão do Consumo de Energia - RGCE.....	21
3.2. Implementação de um Sistema de Gestão Energética na SONAFI.....	22
4. Auditoria energética .....	27
4.1. Fluxo Energético.....	27
4.2. Consumo de Energia .....	28
4.2.1. Energia Eléctrica .....	28
4.3. Gás Natural.....	36
4.4. Consumo Específico .....	39
4.5. Consumo Energético Sectorial.....	44
4.5.1. Equipamento Maquinagem .....	45
4.5.2. Máquinas de Fundição .....	45
4.5.3. Iluminação .....	46
4.5.4. Motores Eléctricos.....	47
4.5.5. Ar Condicionado .....	49
4.5.6. Sistema de Ar Comprimido.....	50

5. Propostas de eficiência energética .....	55
5.1. Ciclo tarifário da Energia Eléctrica .....	55
5.2. Motores Eléctricos.....	56
5.2.1. Caracterização dos VEV's .....	56
5.2.2. Principais benefícios dos VEV's .....	58
5.2.3. Orçamento para a implementação de VEV's.....	58
5.3. Ar Comprimido .....	59
5.3.1. Gestão de Consumos.....	59
5.3.2. Medidas de utilização racional de energia de manutenção.....	60
5.3.3. Redução de fugas .....	61
5.4. Iluminação .....	61
5.5. Telhado Fabril .....	63
6. Plano de Racionalização .....	65
6.1. Enquadramento Legal.....	65
6.2. Economias de Energias Geradas .....	66
7. Sistemas de Gestão de Energia .....	67
7.1. Sistema de Monitorização dos Fornos de Fusão .....	67
7.1.1. Rácio de ar na Combustão .....	68
7.1.2. Consumo Específico do Forno.....	71
7.1.3. Sistema Integrado de Monitorização dos Fornos .....	75
7.2. Gestor Energético dos Compressores.....	77
7.3. Sistema de Monitorização dos Consumos de Electricidade.....	80
8. Conclusão.....	81
9. Bibliografia .....	83
10. Anexos .....	85
Anexo A – Consumos Eléctricos dos Equipamentos de Maquinagem .....	87
Anexo B – Consumos Eléctricos dos Equipamentos de Fundição.....	89
Anexo C – Diagrama de Instalação de gás Natural.....	93
Anexo D – Diagrama de Instalação dos Quadros Eléctricos.....	95
Anexo E – Diagrama da Rede de Ar Comprimido.....	97
Anexo F – Diagrama da Rede de Água da Companhia.....	99

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 2 – Fotografia da Empresa (1).....	1
Figura 1 – Logótipo da SONAFI S.A. (1) .....	1
Figura 3 – Mapa (1).....	2
Figura 4 - Organigrama da cadeia de valores da SONAFI S.A. (1) .....	4
Figura 5 – Peças Produzidas pela SONAFI.....	5
Figura 6 – Logótipos de alguns clientes da SONAFI.....	6
Figura 8 - Forno de fusão .....	7
Figura 7 – Sector de Produção da SONAFI .....	7
Figura 9 – <i>Fundição</i> .....	8
Figura 10 – Posto de Controlo Dimensional .....	9
Figura 11 - <i>Acabamentos</i> .....	9
Figura 12 – Organigrama do Processo de Produção .....	10
Figura 13 – Peça em Fundição Injectada.....	11
Figura 14 – Forno de Manutenção.....	12
Figura 15 – Colocação da liga no cilindro de injeção (2).....	12
Figura 16 – Fase de Aproximação (2) .....	13
Figura 17 – Curvas de deslocamento, velocidade e pressão aplicada no pistão durante a fase de aproximação (2) .....	13
Figura 18 – Fase de Enchimento (2).....	14
Figura 19 – Curvas Típicas de injeção da fase de enchimento (2) .....	14
Figura 20 – 3ª Fase (2).....	15
Figura 21 – Representação esquemática de um molde de Fundição Injectada (3).....	16
Figura 22 – Representação esquemática de 2 cavidades presentes num molde (3) .....	16
Figura 23 - Tipos de Fundição Injectada .....	17
Figura 24 – Representação de uma máquina de Fundição Injectada por câmara quente (3) ...	17
Figura 25 – Máquina de Injeção com câmara fria e pistão de movimento horizontal (3).....	18
Figura 26 – Ciclo PDCA .....	23
Figura 27 – Aplicação do CICLO PDCA na SONAFI.....	24
Figura 28 - Fluxo Energético.....	28
Figura 29 - Consumo de Electricidade mensal nos anos 2006, 2007 e 2008 .....	30
Figura 30 - Repartição percentual do consumo de energia activa do ano 2008 em função dos períodos tarifários .....	32

Figura 31 – Média anual da repartição percentual de energia activa no ano de 2008 em função dos períodos tarifários.....	33
Figura 32 - Repartição da potência contratada e da potência de ponta.....	34
Figura 34 - Energia Reactiva Fora Vazio.....	35
Figura 33 – Triângulo das Potências.....	35
Figura 35 - Consumo de Gás Natural mensal nos anos 2006, 2007 e 2008.....	38
Figura 36 - Produção e Consumo Específico em 2006.....	40
Figura 37 - Produção e Consumo Específico em 2007.....	41
Figura 38 - Produção e Consumo Específico em 2008.....	42
Figura 39 – Consumo de Energia vs Produção mensal (dados 2006, 2007 e 2008).....	43
Figura 40 - Repartição do consumo de electricidade sectorial .....	45
Figura 41 - Motores Eléctricos.....	47
Figura 42 – Compressor Atlas Copco série GA 200.....	51
Figura 43 - Ciclo Semanal Inverno .....	55
Figura 44 - Ciclo Semanal Verão.....	55
Figura 45 - Ciclo Diário .....	55
Figura 46 – Diagrama de um VEV's .....	57
Figura 47 – Lâmpada LED (24).....	61
Figura 48 – Sensor de Luz (23).....	62
Figura 49 – Organigrama do Sistema de Monitorização dos Fornos de Fusão .....	68
Figura 51 – Diagrama de monitorização do rácio ar-gás natural do forno de fusão.....	70
Figura 50 – Sonda Lambda (22) .....	70
Figura 52 – Localização da balança à saída do forno de fusão.....	71
Figura 53 – Enchimento da colher de transporte .....	72
Figura 54 - Localização da balança nº 4 na desgaseificação .....	73
Figura 55 – Balança KERN BVP 1.5TO.5SM.....	73
Figura 56 – Caudolímetro Actaris.....	74
Figura 57 – Diagrama de monitorização do CEE dos fornos de fusão.....	75
Figura 58 - Sistema Integrado de Monitorização dos Fornos de Fusão.....	76
Figura 59 – Distribuição do consumo de ar comprimido.....	77
Figura 60 – Banda de funcionamento dos compressores.....	78

**ÍNDICE DE TABELAS**

Tabela 1 – Dados da Empresa (1).....	2
Tabela 2 – Ligas Utilizadas .....	5
Tabela 4 – Consumo de Electricidade em 2006 .....	29
Tabela 5 – Consumo de Electricidade em 2007 .....	29
Tabela 6 – Consumo de Electricidade em 2008 .....	30
Tabela 7 – Ciclo Diário (11).....	31
Tabela 8 – Ciclo Semanal (11) .....	31
Tabela 9 – Tarifário da Energia Eléctrica (12) .....	31
Tabela 10 – Consumo de Energia Activa 2008 .....	32
Tabela 13 – Composição do Gás Natural (14) .....	36
Tabela 14 – Consumo de Gás Natural 2006.....	37
Tabela 15 – Consumo de Gás Natural 2007 .....	37
Tabela 16 – Consumo de Gás Natural 2008 .....	38
Tabela 17 – Produção 2006 .....	39
Tabela 18 - Consumo Específico 2006.....	39
Tabela 19 – Produção em 2007 .....	40
Tabela 20 - Consumo Específico em 2007 .....	41
Tabela 21 – Produção em 2008 .....	41
Tabela 22 – Consumo Específico em 2008 .....	42
Tabela 23 – Consumo de Energia 2006, 2007 e 2008 .....	42
Tabela 24 - Consumo Sectorial de Electricidade.....	44
Tabela 25 – Consumos de Electricidade médio dos equipamentos de Maquinagem.....	45
Tabela 26 – Consumos de Electricidade médio das máquinas de Fundição .....	46
Tabela 27 – Consumos de Iluminação.....	47
Tabela 28 – Consumos médios dos Motores Eléctricos .....	49
Tabela 29 – Consumos médios de Electricidade dos Ar Condicionado.....	50
Tabela 30 – Características principais dos compressores.....	51
Tabela 31 – Consumos médio dos Compressores .....	52
Tabela 32 – Comprimentos Equivalentes de acessórios de ar comprimido para o cálculo da perda de carga (12) .....	53
Tabela 33 – Perdas de ar devido a orifícios de fuga em função da pressão .....	54
Tabela 34 – Análise do Custo da Energia Activa por cada Ciclo.....	56
Tabela 35 – Orçamento para a colocação de VEV's .....	59

Tabela 36 – Estudo da viabilidade da substituição das lâmpadas existentes .....	62
Tabela 37 – Sensores de Iluminação.....	63
Tabela 38 – Poupança Anual com alteração do telhado .....	64
Tabela 39 – Plano de Racionalização a 5 anos .....	66
Tabela 40 – Economias de Energia geradas.....	66
Tabela 41 – Orçamento para monitorização do rácio ar – gás.....	71
Tabela 42 – Orçamento para aquisição de Balanças.....	73
Tabela 43 – Orçamento para aquisição dos caudolímetros.....	74
Tabela 44 – Características do ES 130 da Atlas Copco.....	79
Tabela 45 – Estudo da viabilidade do aluguer do sistema ES .....	79
Tabela 46 – Estudo da viabilidade da aquisição do sistema ES.....	79



## 1

## Introdução

### 1.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A SONAFI S.A., cujo logótipo é mostrado na figura 1 é uma empresa dedicada à fundição injectada de ligas de alumínio, mecanização de peças técnicas de pequena e média dimensão, concepção e desenvolvimento de ferramentas (moldes e cortantes), onde posteriormente são acabadas (granalhadas ou vibradas), conforme especificação do cliente, sendo actualmente um fornecedor de primeira linha com actuação primordial no ramo automóvel.



Figura 1 – Logótipo da SONAFI S.A. (1)

A empresa está inserida desde 2007 no Grupo Brabant Alocast International, com sede na Holanda, tendo como bandeira a qualidade no serviço e cumprimento dos prazos de entrega por si prestados, privilegiando sempre a fiabilidade assim como uma postura constante na melhoria continuada de modo a poder responder com brevidade e rigor às exigências do mercado.

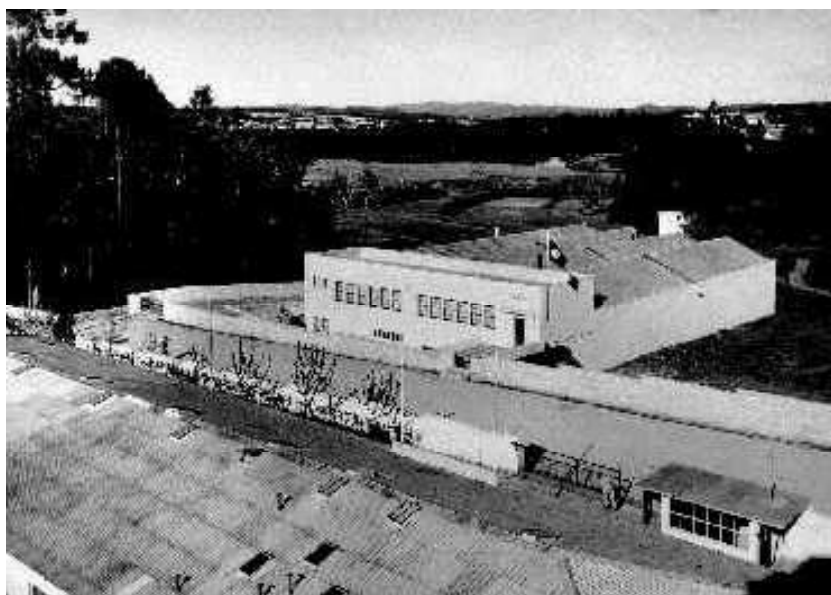


Figura 2 – Fotografia da Empresa (1)

A SONAFI (figura 2) é uma empresa com 58 anos de história. Nas suas instalações são desenvolvidas capacidades de engenharia a par da produção, com vista a satisfazer todos os

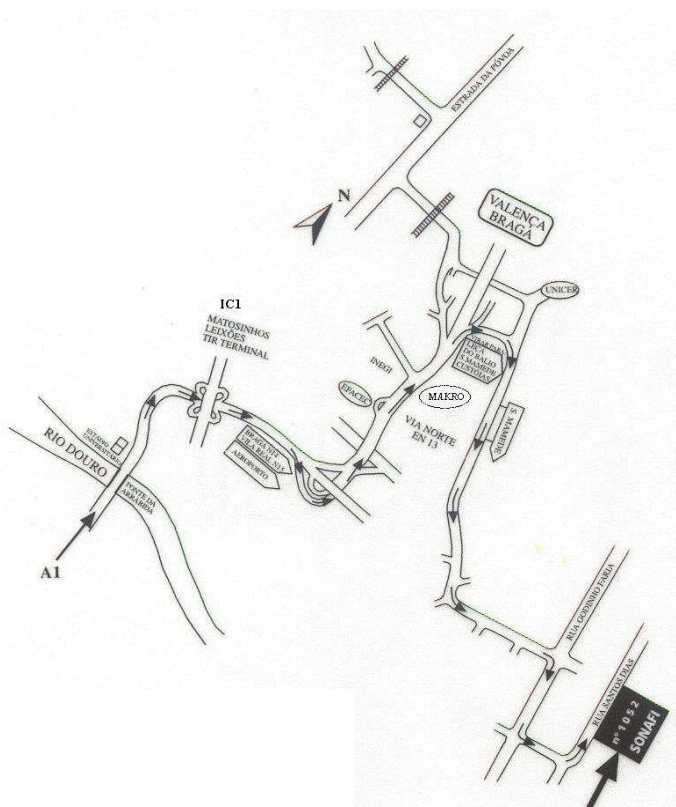
cadernos de encargo provenientes dos seus clientes, sendo 73% da sua produção exportada para outros países (tabela 1).

**Tabela 1 – Dados da Empresa (1)**

<b>Dados da Empresa</b>	
Número de Trabalhadores	180
Capital Social	2.025.000 €
Volume de Facturação	11.508.00 €
Exportação	73%
Certificação de Qualidade	ISOTS 16949
	EAQF94/A
	ISO 9002
	QS 9000

#### 1.1.1. LOCALIZAÇÃO

A SONAFI está sediada em S. Mamede de Infesta, conselho de Matosinhos e distrito do Porto, inserindo-se numa localização geográfica francamente favorável à transacção comercial. Situa-se a escassos 5 km do Aeroporto Francisco Sá Carneiro (figura 3 – mapa , a cerca de 3 km da cidade do Porto e a aproximadamente 8 km do porto de Leixões, estando também ladeada de uma rede de estradas e auto-estradas onde é possível em menos de 3 min estar inserido em algumas das mais importantes auto-estradas de Portugal, A1, A3 e A4.



**Figura 3 – Mapa (1)**

A sua localização é sem dúvida um ponto estratégico, pois a facilidade com que é possível movimentar a sua logística fabril e comercial contribui para que a empresa tenha capacidade de liderança no mercado do sector da fundição injectada.

### 1.1.2. História da Empresa

Fundada em 1951 pela *Société Générale de Belgique*, a SONAFI foi a primeira fábrica de fundição injectada no nosso país. Após um início com as dificuldades inerentes a projectos pioneiros, o grande dinamismo da gestão e a criação de uma linha própria de produtos, deram lugar a taxas de crescimento muito significativas. Durante este período, e até 1971, por força da política industrial do momento, a SONAFI teve o exclusivo do sector de Fundição Injectada. (1)

Em 1973 o grupo português EMINCO adquire o capital da empresa, a par do aparecimento da primeira concorrência no sector da fundição injectada em Portugal, que gera por sua vez uma crise económica. (1)

No ano de 1981 a Renault entra em força no mercado nacional, a SONAFI reformula a sua estratégia no mercado direccionando como sua principal prioridade a indústria automóvel, antecipando assim o esperado aumento da concorrência Europeia devido à eminente adesão de Portugal ao Mercado Comum Europeu. (1)

Correndo o ano de 1986, um novo ciclo é instituído na empresa, sendo esta adquirida pela direcção que vigorava à data, iniciando-se assim uma reestruturação, que leva a uma injeção tecnológica, com vista a poder abraçar outros mercados emergentes, tais como os equipamentos de aquecimento de gás. (1)

Dois anos depois (1988) a empresa decide abandonar o sector dos produtos acabados, virando-se definitivamente apenas para a fundição injectada, aproveitando então para realizar investimentos neste sector. Volvendo mais um ano a actividade que se dedicava à produção de ferragens é vendida, devido à disparidade dos níveis de qualidade, assim como a questões estruturais. (1)

Durante o período de 1992 a 1994, a SONAFI beneficia de um programa especial de reestruturação: PEDIP (1)

Em 2001 o grupo internacional EuralCom adquire a SONAFI, altura a partir da qual é caracterizado o aumento de automação e sofisticação, com o consequente aumento de produção, permitindo de certa forma estar à altura das mais diversas exigências do mercado.

Em Dezembro de 2007 o Grupo Brabant Alocast International adquire o capital da SONAFI, mantendo-se assim a empresa inserida num grupo europeu de fundição injectada.

### 1.1.3. ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DA EMPRESA

A empresa está organizada por departamentos, que por sua vez se subdividem em secções, como ilustrado na figura 4.

A pirâmide inicia-se com o conselho de Administração possuindo este como principal função estabelecer os objectivos de organização e controlo da acção executiva da direcção geral. A direcção geral por sua vez implementa os objectivos definidos pelo Conselho de Administração, fazendo assim o elo de ligação com os diferentes departamentos de modo a se

seguir a estratégia acordada. Essa estratégia é certificada pelos directores de departamento que monitorizam e lideram variados encarregados e chefes de secção de modo a implementar a cadeia de valores definida pela administração. (1)

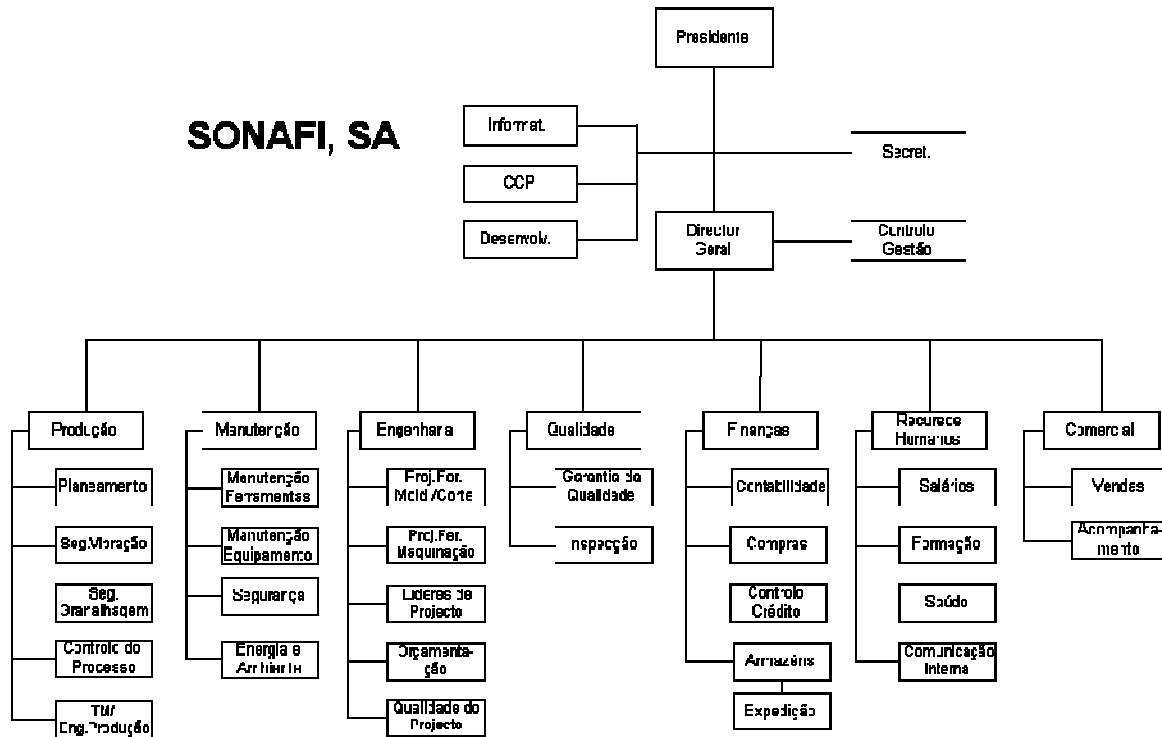


Figura 4 - Organograma da cadeia de valores da SONAFI S.A. (1)

#### 1.1.4. FILOSOFIA DA EMPRESA

A filosofia da SONAFI baseia-se em quatro princípios essenciais para a sua sustentabilidade:

**Organizar**, porque para atingir os objectivos da *SONAFI* cada um tem que perceber a sua função enquanto parte de um grupo. (1)

**Inovar**, porque só assim se pode liderar um mundo em constante mudança. (1)

**Desenvolver**, porque só o espírito de melhoria contínua nos permite assegurar a continuidade. (1)

**Humanizando**, porque o homem, é afinal, o motor de todo este processo. Porque é ele o beneficiário último das suas acções e porque entendemos que na *SONAFI*, cada um vale como indivíduo e ser humano. (1)

### 1.1.5. MATÉRIAS-PRIMAS

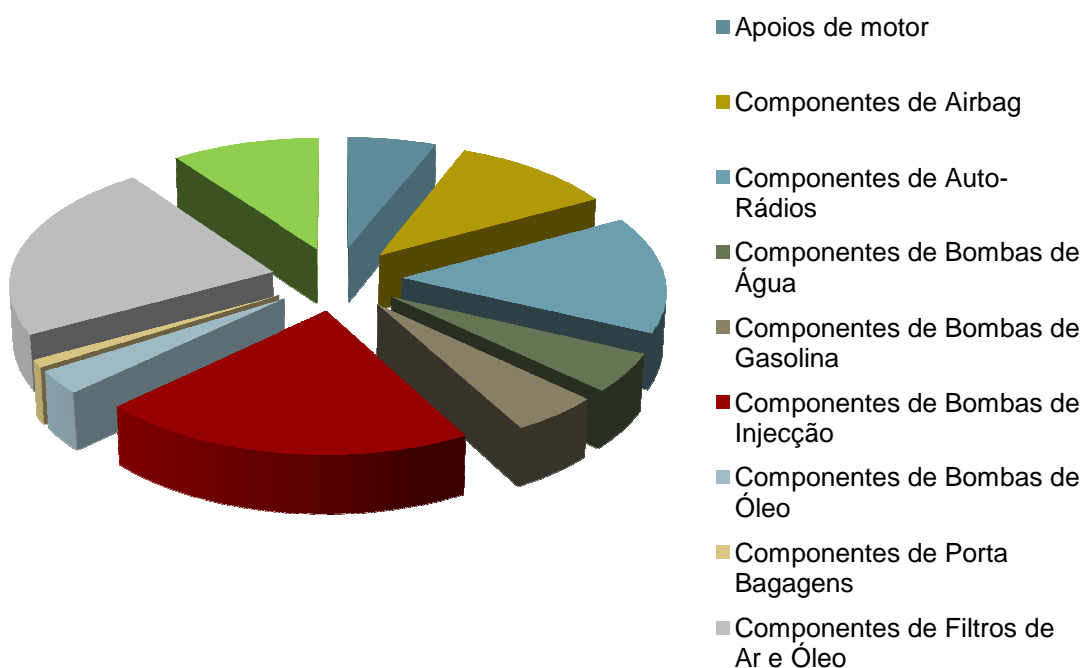
Desde 2008, a SONAFI usa apenas duas ligas distintas para satisfazer as demandas do mercado, tendo elas pesos distintos no plano de produção. Na tabela 2, são indicadas as ligas consumidas e as suas normas.

**Tabela 2 – Ligas Utilizadas**

Liga	Norma DIN	Designação Interna	% Consumo (2008)
<b>AlSiCu3(Fe)</b>	NF EN 1706	Liga Violeta	97%
	DIN EN 1706		
	(EN AC46000)		
<b>AlSi10Mg</b>	NF EN 1706	Liga Azul	3%
	DIN EN 1706		
	(ENAC43100)		

### 1.1.6. PRODUTOS

Actualmente a SONAFI trabalha primordialmente para o sector automóvel, sendo este responsável por cerca de 99,9% (1) do seu volume de produção, apostando nas mais variadas peças como evidenciado na figura 15:



**Figura 5 – Peças Produzidas pela SONAFI**

### 1.1.6. CLIENTES

Tendo como principal expressão o mercado internacional, absorvendo grande parte da produção (tabela 1), na figura 6 são apresentados os logótipos de alguns dos seus clientes.



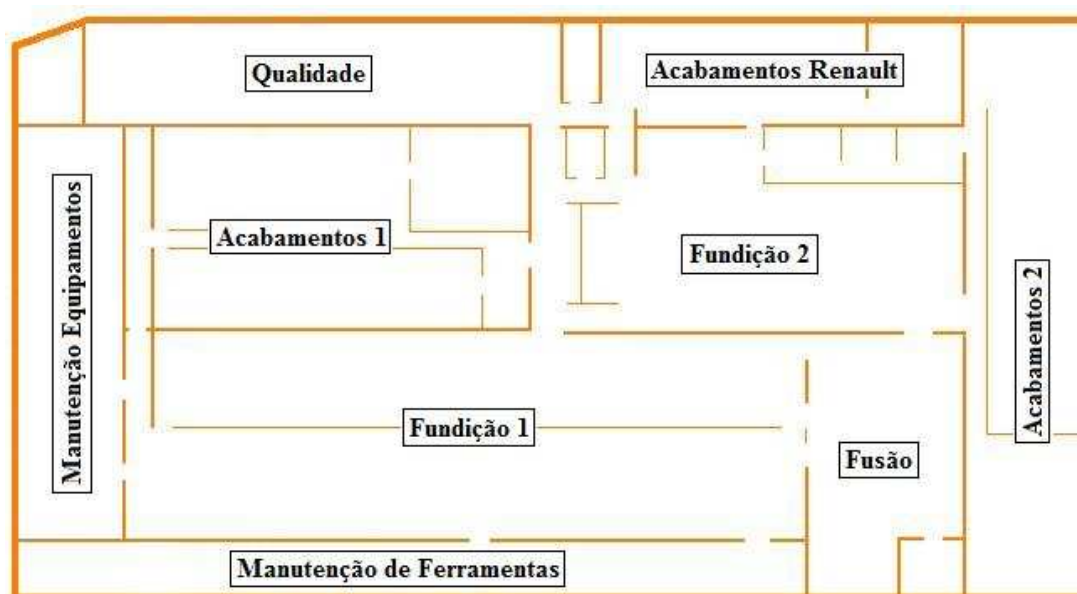
**Figura 6** – Logótipos de alguns clientes da SONAFI

### 1.1.7. SECTOR DE PRODUÇÃO

Estando a empresa dividida em sectores tão distintos como a engenharia, a área financeira, a produção e os recursos humanos, será apenas focado o sector de produção, pois possui mais interesse para o trabalho desenvolvido e assume-se garantidamente como o coração de toda a organização.

A unidade fabril encontra-se dividida em 6 secções (figura 7):

- *Fusão*
- *Fundição 1*
- *Fundição 2*
- *Acabamentos 1*
- *Acabamentos 2*
- *Acabamentos Renault*



**Figura 7** – Sector de Produção da SONAFI

#### 1.1.7.1. FUSÃO E TRANSPORTE

O processo de produção começa na zona de *Fusão*, existindo neste sector três fornos de soleira seca a gás natural (figura 8).



**Figura 8** - Forno de fusão

Cada forno apenas é utilizado para a fusão de uma determinada liga, com vista a não haver a contaminação dos banhos de fusão. A alimentação destes é efectuada através de lingotes e



retornos de fundição que são reaproveitados tais como gitos, masselotes, peças defeituosas entre outros.

Após a fusão do alumínio, este é levado a uma máquina que possui como missão desgaseificar a liga, e diminuir o grau de impurezas presentes através da adição de azoto e escorificante.

#### 1.1.7.2. FUNDIÇÃO

A área de fundição, figura 9, está dividida em duas secções, *Fundição 1*, onde estão instaladas dezanove máquinas de injeção, e *Fundição 2*, onde existem mais três máquinas dando origem a um universo operacional de vinte e duas máquinas de fundição injectada.



**Figura 9 – Fundição**

Cada uma das máquinas está munida de um forno de manutenção eléctrico, assim como uma prensa hidráulica que tem como função o corte dos gitos das peças fundidas. Este processo é realizado por um “robot” com vista a reduzir significativamente o tempo de ciclo de cada peça.

Por sua vez, a alimentação das máquinas em alguns sectores é efectuada através de colheres automatizadas, braços hidráulicos, ou calhas, onde o alumínio chega às camisas dos pistões por gravidade.

Como sinal da relevância dada à qualidade por parte da SONAFI, em cada máquina existe um posto de controlo dimensional que é efectuada duas vezes por cada turno, tal como evidenciado na figura 10.





**Figura 10** – Posto de Controlo Dimensional

### 1.1.7.3. ACABAMENTOS

No sector dos acabamentos estão disponíveis centros de maquinagem totalmente automatizados, onde o “robot” assume um papel de liderança no seio de cada um dos diversos centros de maquinagem existentes. Outros dispositivos estão disponíveis para satisfazer o acabamento pretendido pelo cliente, que vai das granalhadeiras, aos vibradores, culminando na inspecção visual e dimensional de todas as peças sem excepção.

Na figura 11 está representado uma CNC<sup>1</sup> presente nos *Acabamentos 1* da SONAFI.



**Figura 11** - Acabamentos

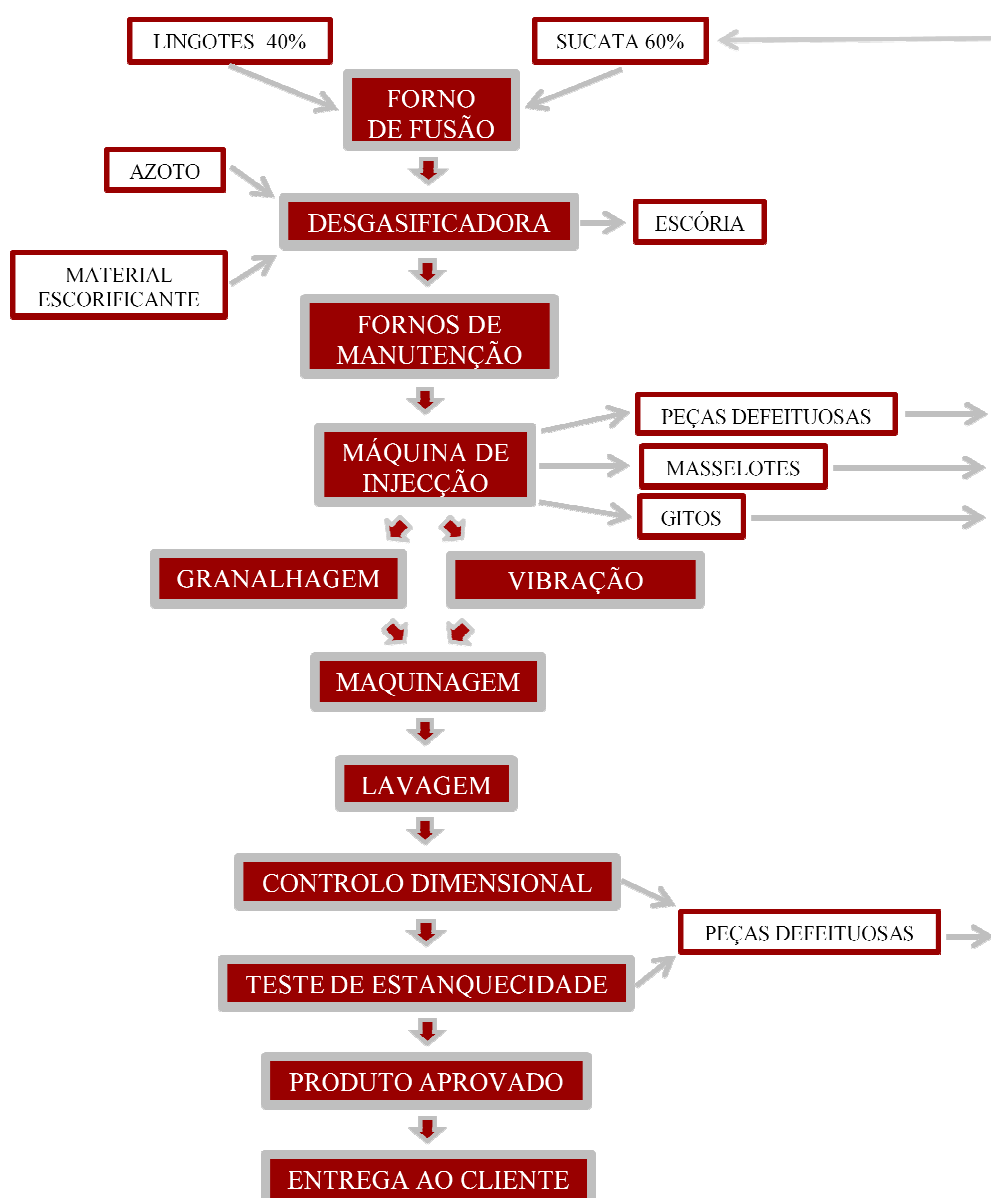
---

<sup>1</sup> CNC - É um controlador numérico que permite controlar centros de maquinagem.

Por vezes em algumas séries, são escolhidas aleatoriamente algumas peças onde são efectuados testes mais detalhados na procura do mais ínfimo defeito, através de análises ao raio x, assim como controlo de estanquicidade, com recurso a peças padrão.

#### 1.1.8. RESUMO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO

O seguinte organigrama resume todo o processo de produção da SONAFI, constituindo uma cadeia de operações.



**Figura 12** – Organigrama do Processo de Produção

## 2

### Fundição Injectada

#### 2.1. DESCRIÇÃO

A fundição Injectada é um processo, onde peças de ligas leves de elevada precisão, formas complexas e com acabamento superficial de baixa rugosidade ou texturizado são criadas sob elevadas pressões. Este tipo de solução permite o fabrico de grandes séries de peças, onde a qualidade, a precisão dimensional, os bons acabamentos e a resistência mecânica são factores decisivos.

As peças produzidas, figura 13, podem ter pesos compreendidos entre os 50g e os 20kg, não obstante a precisão dimensional que pode atingir os 0,5mm, sendo possível obter espessuras mínimas de 2,5mm com valores de rugosidade baixa.



**Figura 13** – Peça em Fundição Injectada

Trata-se de um processo mecânico, onde o metal fundido a uma temperatura superior ao ponto de fusão é vazado numa câmara, para de seguida ser comprimido/injectado para dentro de uma moldação metálica, com uma velocidade muito elevada. O calor proveniente da liga é transmitido por fenómenos de condução para a moldação, que por sua vez está munida de um sistema de refrigeração que têm como função arrefecer o molde, para assim a liga solidificar rapidamente.

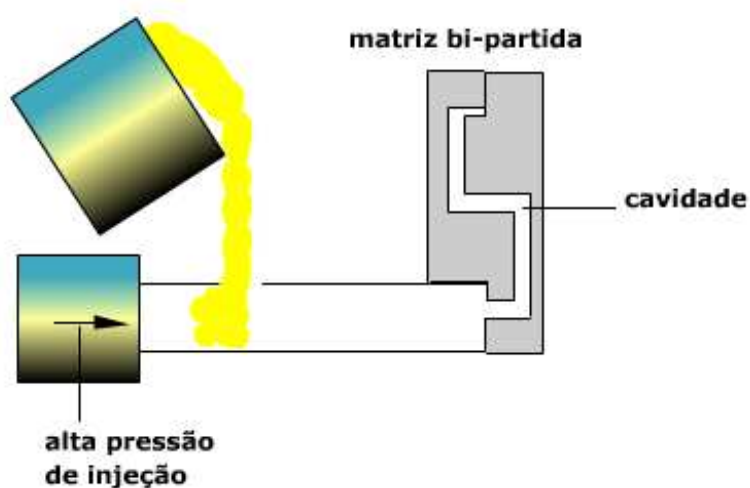
Todas as máquinas de Injecção possuem um forno de manutenção, figura 14, sendo estes no caso particular da SONAFI de funcionamento eléctrico, a sua função tal como o nome indica é de manter as ligas de alumínio a temperaturas compreendidas entre os 650°C e os 700°C.



**Figura 14** – Forno de Manutenção

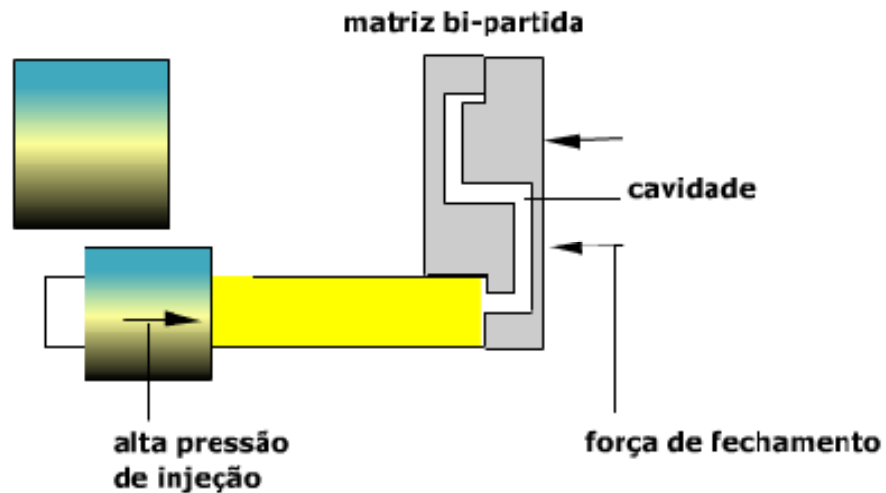
Segue-se a injeção que consiste em três fases, com uma duração total de aproximadamente 3 segundos, sendo este valor dependente do tamanho da peça a injectar, número de cavidades disponíveis, assim como da capacidade da máquina de injeção.

Inicialmente um cadinho refractário retira do forno de fusão uma porção devidamente doseada de liga vazando-a, de uma forma automática, no cilindro de injeção, como se pode observar pela figura 15.



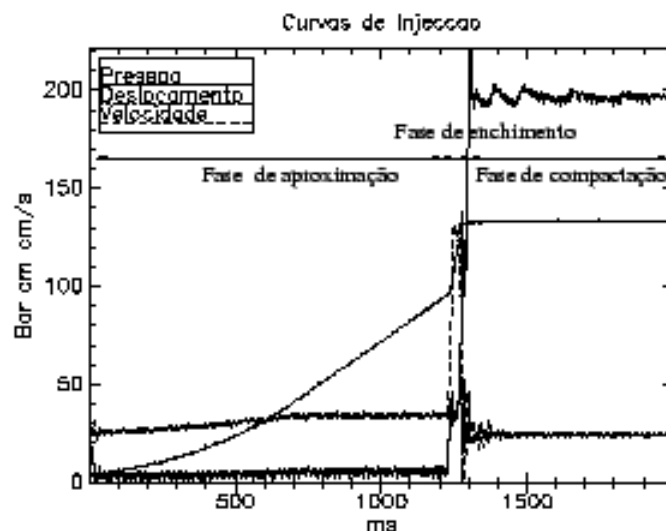
**Figura 15** – Colocação da liga no cilindro de injeção (2)

A primeira fase é a fase de aproximação do pistão ao molde a uma velocidade baixa, de modo a manter o fluxo de liga sob um regime laminar, evitando assim a mistura de ar no seio da liga líquida (figura 16).



**Figura 16** – Fase de Aproximação (2)

Os parâmetros medidos são a pressão aplicada ao pistão, o deslocamento do cilindro e a velocidade de injeção da liga (figura 17), que têm como finalidade decidir se é ou não necessário introduzir alguma alteração nesta fase.



**Figura 17** – Curvas de deslocamento, velocidade e pressão aplicada no pistão durante a fase de aproximação (2)

A 2ª fase, figura 18, é a fase de enchimento. Quando a liga se encontra à entrada do molde, a velocidade do pistão vai acelerar abruptamente, levando a um enchimento por completo de todas as cavidades existentes no molde, que deverá estar a uma temperatura próxima dos 250°C. Este avanço deverá obedecer a duas características antagónicas: se por um lado deverá ser um movimento extremamente rápido para que não exista a possibilidade de um arrefecimento prematuro da liga, por outro deverá ser suficientemente lento para que haja tempo para a expulsão do ar do interior do molde através dos orifícios de ventilação.

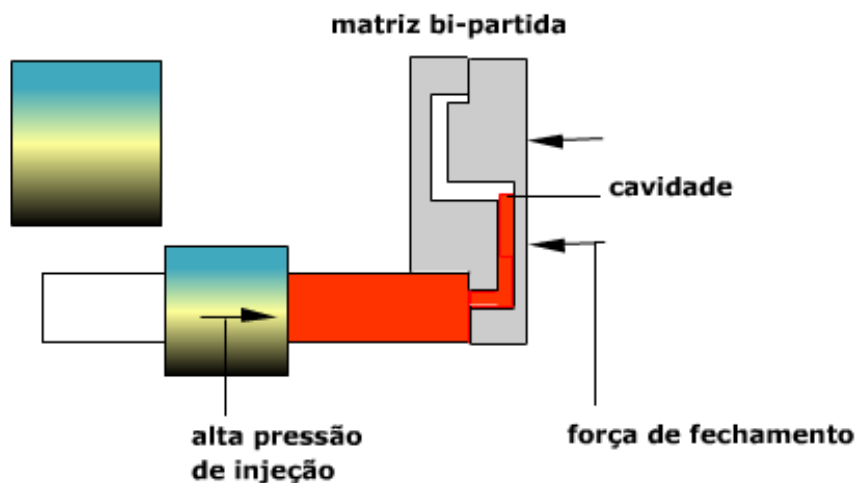


Figura 18 – Fase de Enchimento (2)

A figura 19, mostra como variam os parâmetros medidos nesta fase, evidenciando-se os seguintes:

- A. Velocidade na fase de enchimento
- B. Duração do enchimento
- C. Atraso do multiplicador
- D. Deslocamento no fim da fase de compactação

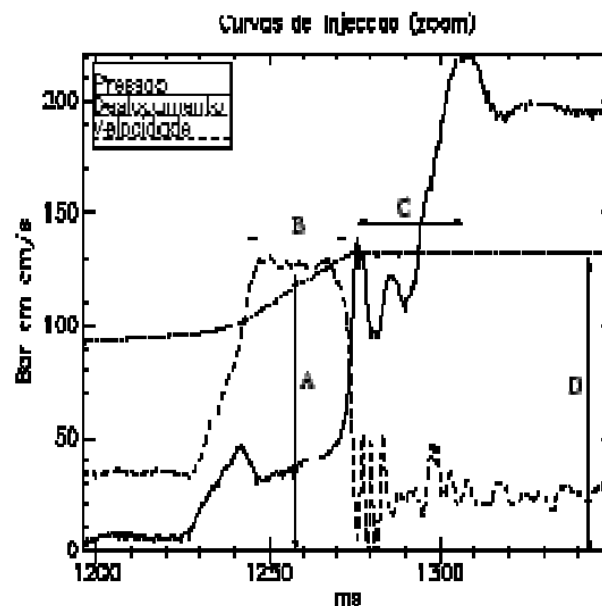
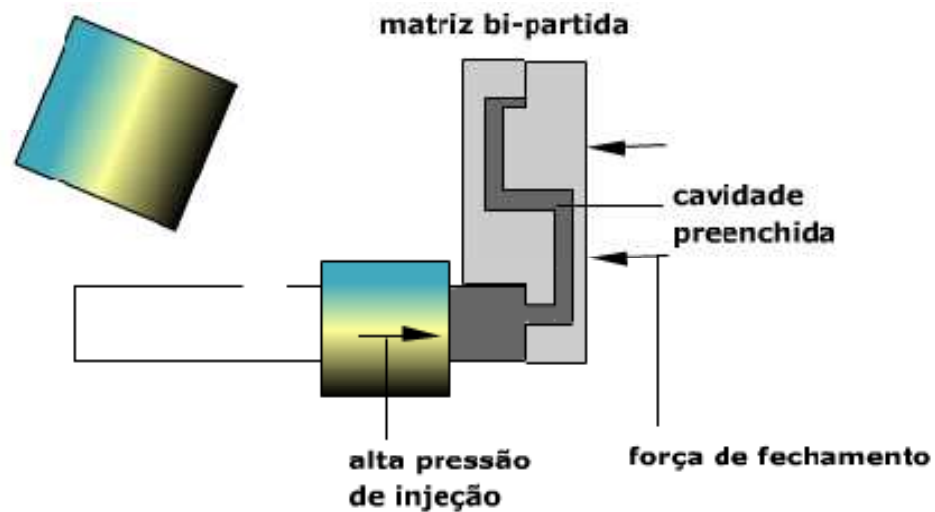


Figura 19 – Curvas Típicas de injeção da fase de enchimento (2)

A terceira fase é a fase de compactação, que se encontra a uma temperatura próxima da temperatura de solidificação. É aplicado ao pistão uma elevada pressão, figura 20, que terá como consequência a compactação da liga. Esta força nominal de compactação é um factor decisivo na escolha da máquina a utilizar para a produção de determinada peça, visto que as

máquinas de injeção estão classificadas segundo a força que são capazes de aplicar nesta fase.



**Figura 20** – 3ª Fase (2)

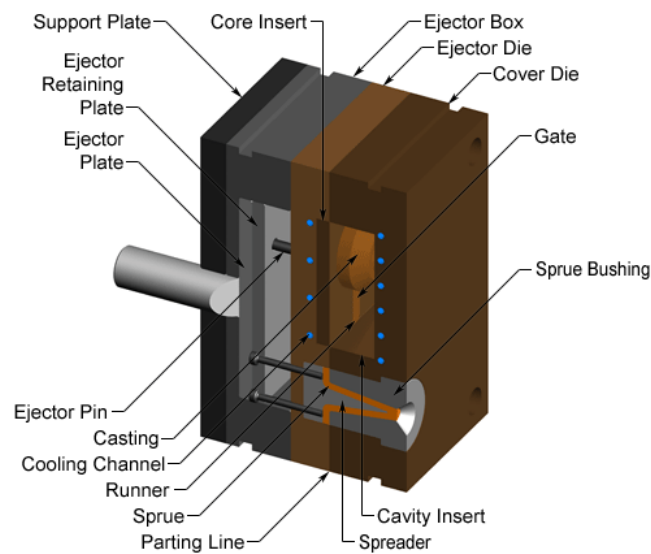
Através da análise dos sinais de Injeção, poderemos afirmar que a fase à qual se deverá dar mais atenção será a 2ª fase, com uma duração de apenas 100 a 300 ms, devido à sua brevidade poder-se-á despoletar ou não um arrefecimento prematuro da liga.

Para tornar possível o controlo e monitorização de todo o processo de injeção, cada máquina está munida de transdutores que medem diversas grandezas físicas ao longo do tempo. O sistema de monitorização está ligado a um computador que permite obter o comportamento de uma injeção, definindo-se assim uma característica de injeção e garantindo-se uma boa qualidade da peça, quer a nível das propriedades mecânicas, quer a nível do seu aspecto global.

## 2.2. MOLDES

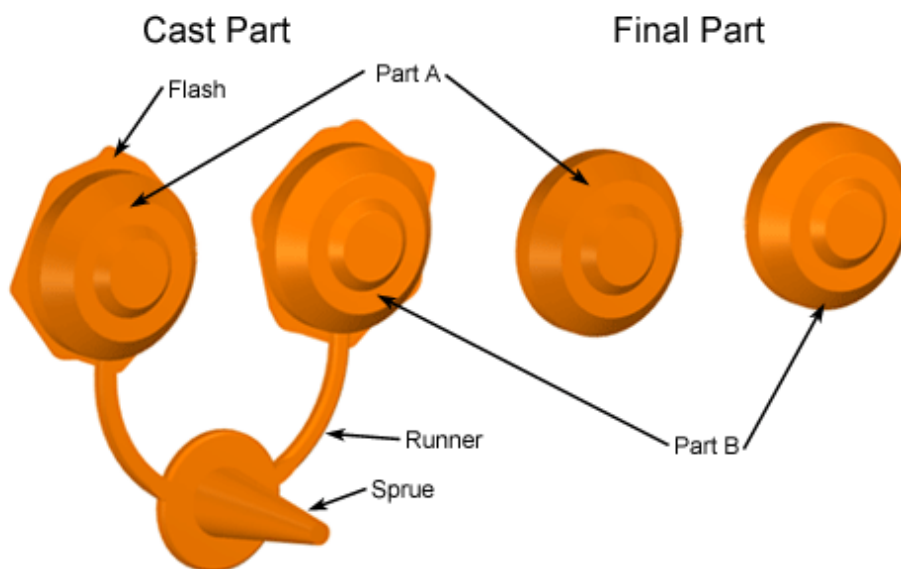
Os moldes utilizados na indústria de fundição injectada possuem um cariz extremamente complexo, sendo constituídos por conjuntos de placas porta molde, sistemas de arrefecimento, e sistemas de controlo (figura 21).

O molde é dividido essencialmente em duas partes, sendo uma fixa e outra móvel, movimentadas hidraulicamente, tornando possível abrir e fechar o molde no final de cada injeção, para ser possível retirar as peças do seu interior.



**Figura 21** – Representação esquemática de um molde de Fundição Injectada (3)

No interior do molde existem uma ou mais cavidades ligadas entre si por canais onde a liga flui durante o enchimento, como se pode ver na figura 22, constituindo assim o gito, que é cortado e reciclado para uma nova fusão.



**Figura 22** – Representação esquemática de 2 cavidades presentes num molde (3)

Existem também condutas de refrigeração de água, ligadas ao circuito fechado de refrigeração da empresa, para arrefecer a peça e mantê-la a uma temperatura ideal de funcionamento.



### 2.3. TIPOS DE FUNDIÇÃO INJECTADA

No processo de fundição injectada podem-se encontrar dois tipos de funcionamento distintos, (figura 23) fundição injectada com câmara quente e a fundição injectada com câmara fria, podendo ser subdividida em função do movimento da câmara, em vertical ou horizontal.

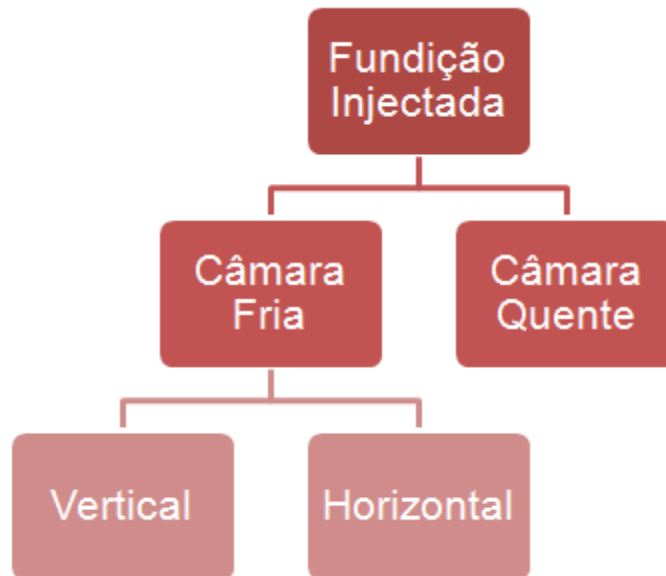


Figura 23 - Tipos de Fundição Injectada

O processo de fundição injectada com câmara quente ganhou expressão na década de 50, sendo hoje um processo pouco utilizado. O seu funcionamento distingue-se da fundição injectada com câmara fria devido à existência de um forno que mantém a liga no estado líquido. A câmara de injeção está imersa no banho e a injeção poderá ocorrer sob dois processos, por accionamento através de ar comprimido, ou por acção de um pistão. O mecanismo está evidenciado na figura 24.

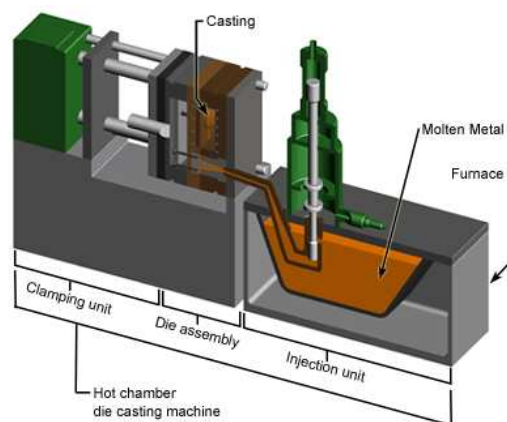
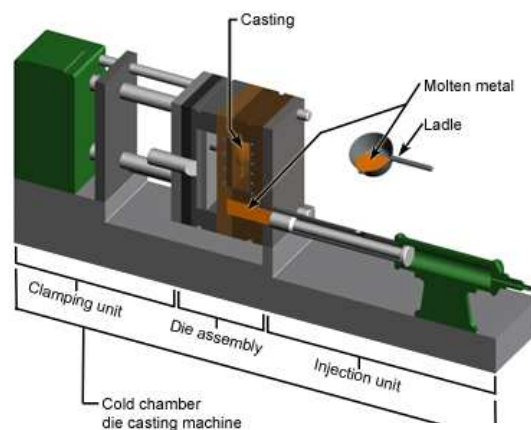


Figura 24 – Representação de uma máquina de Fundição Injectada por câmara quente (3)

A fundição injectada por câmara fria é hoje a mais utilizada, devido fundamentalmente à sua grande capacidade de gerar produções com cadências elevadas, podendo variar os seus ciclos entre 150 a 500 ciclos por hora (2).

A câmara fria, não possui nenhum forno integrado no seu interior, pois para conservar a liga no seu estado líquido são utilizados fornos auxiliares, denominados fornos de manutenção, e através do auxílio de um “robot” munido de um cadinho refractário, transporta-se a porção necessária para cada injeção de liga, descarregando-a na camisa do pistão.

A figura 25 mostra os passos fundamentais de uma máquina de injeção de câmara fria.



**Figura 25** – Máquina de Injecção com câmara fria e pistão de movimento horizontal (3)

## 2.4. VANTAGENS, DESVANTAGENS E REQUISITOS

As vantagens da fundição injectada são as seguintes: (4)

- Processo bastante rápido (número de peças/hora)
- Número reduzido de operações secundárias
- Peças de boa qualidade, aparência e precisão dimensional
- Possibilidade de utilizar várias ligas não-ferrosas
- Produção de peças com tolerâncias apertadas
- Roscas exteriores facilmente obtidas
- Possível incorporação de insertos metálicos
- Peças com boa resistência à corrosão
- Peças facilmente tratadas superficialmente

As desvantagens da fundição injectada prendem-se com (4):

- Elevado custo do equipamento
- Elevado custo das ferramentas
- Limitações ao tipo de liga vazável
- Limitação quer na dimensão máxima, quer na geometria das peças a obter

A indústria desta área deverá ser capaz de responder prontamente às exigências do mercado, pelo que toda a sua produção deverá obedecer a critérios de elevada importância tais como:(4)

- Baixo preço (baixo custo)
- Boa qualidade
- Baixos índices de porosidade
- Podem ser produzidas com tolerâncias apertadas
- Elevadas cadências
- Apresentam elevado tempo de vida



# 3

## Eficiência Energética

Ao longo dos últimos anos, assistiu-se a um crescimento exponencial dos preços das energias directamente dependentes do petróleo e seus derivados, razão pela qual a União Europeia (EU), acredita na necessidade de dar um importante e forte impulso à promoção da Eficiência Energética.

Os dados de 2005 relativos aos consumos energéticos dos 25 Estados Membros da UE (5) apontam para um consumo de 1725 Mtep (mega toneladas de equivalente de petróleo) de energia, sendo grande parte da energia desperdiçada, por falta de eficiência de equipamentos, ou pela não sensibilização dos utilizadores sobre os seus comportamentos domésticos e laborais no manuseamento e uso dos recursos energéticos.

Não se deve também descurar as alterações climáticas que advêm das emissões de gases com efeito de estufa, sendo o consumo de energia responsável por 78% dos gases emitidos, (5) compromisso assumido e assinado no Protocolo de Quioto<sup>2</sup>, que entrou em vigor no dia 16 de Fevereiro de 2005.

### 3.1. REGULAMENTO DE GESTÃO DO CONSUMO DE ENERGIA - RGCE

Perante a escassez de alguns recursos energéticos e a necessidade da preocupação ambiental, no início dos anos 80 surge o primeiro Regulamento de Gestão do Consumo de Energia RGCE publicado pela Portaria nº 359/82 de 7 de Abril, que possui como principal objectivo a redução do consumo energético dos grandes consumidores de energia, e assim estabelecer, regras e metas plausíveis para as empresas de um modo progressivo e sustentável reduzirem os seus consumos específicos através de planos de racionalização de energia.

O regulamento deverá ser aplicável a edifícios e empresas que reúnam uma ou mais das seguintes condições:

- Consumo Energético superior a 1000 tep/ano
- Equipamentos cuja soma dos consumos energéticos nominais sejam superior a 0,5 tep/ano
- Pelo menos um equipamento com consumo energético nominal superior a 0,3 tep/hora

A SONAFI insere-se no núcleo de empresas que têm por obrigação legal a aplicação do RGCE, pois possui um consumo de energia médio anual de 1700 tep/ano e diversos equipamentos com consumos energéticos nominais superiores a 0,5 tep/ano.

---

<sup>2</sup> Protocolo de Quioto - Tratado internacional com compromissos mais rígidos para a redução da emissão dos gases que provocam o efeito estufa, considerados, de acordo com a maioria das investigações científicas, como causa antropogénicas do aquecimento global. (26)

O RGCE introduz uma base para a elaboração de um plano de racionalização a realizar periodicamente, e prevê a figura de um Gestor de Energia que deverá ter a seu cargo a função de supervisionar e elaborar um plano de racionalização, com o objectivo de reduzir os consumos energéticos. A redução do consumo deverá ser obtida num período não superior a 5 anos obedecendo à seguinte equação:

$$M = \frac{C-K}{2} \quad \text{Equação 1 (6)}$$

Onde:

- M – Redução do Consumo de Energia
- C – Consumo Específico antes do Plano de Racionalização
- K – Valor de Referência

Os valores de referência estão agrupados e publicados pela DGEG<sup>3</sup> segundo o sector de actividade a que a indústria se insere. Contudo no caso específico da SONAFI, o seu enquadramento legal não se prevê em nenhum dos sectores previstos, pelo que o valor de referência para a elaboração do PRCE<sup>4</sup>, deve ser o seguinte:

$$K = 0,90 \times C \quad \text{Equação 2 (6)}$$



$$M = 0,05 \times C \quad \text{Equação 3 (6)}$$

### 3.2. IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GESTÃO ENERGÉTICA NA SONAFI

Sendo a SONAFI uma indústria onde o peso da factura energética assume um papel relevante, a gestão energética não deverá ser negligenciada, pois poderá ter uma importância significativa na sua competitividade quando comparada com os seus mais directos concorrentes.

Por outro lado se existir uma gestão cuidada da energia, em momentos de crise energética em que os preços da energia disparam para valores elevados, a SONAFI poderá estar um passo à frente da concorrência podendo assim continuar a oferecer preços competitivos ao mercado.

O modelo proposto assenta em teorias como o ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act), assim como no Lean Manufacturing<sup>5</sup> em consonância com a norma ISO 14001<sup>6</sup>, sendo a sua utilização essencial para a implementação do RGCE.

O Ciclo PDCA, também conhecido como Ciclo de Shewhart, Ciclo da Qualidade ou Ciclo de Deming, é uma metodologia que tem como função básica o auxílio no diagnóstico, análise e prognóstico de problemas organizacionais, sendo extremamente útil para a solução de problemas. Poucos instrumentos se mostram tão efectivos para a busca do aperfeiçoamento como este método de melhoria contínua, tendo em vista que ele conduz a acções sistemáticas

<sup>3</sup> DGEG – Direcção Geral de Energia e Geologia

<sup>4</sup> PRCE – Plano de Racionalização de Consumos de Energia

<sup>5</sup> Lean Manufacturing - Filosofia de gestão focada na redução de desperdícios (26)

<sup>6</sup> ISO 14001 – Norma que estabelece as directrizes sobre a gestão ambiental nas empresas

que agilizam a obtenção de melhores resultados com a finalidade de garantir a sobrevivência e o crescimento das organizações. (7)

Esta ferramenta de gestão foi desenvolvida por Walter A. Shewhart na década de 30 e mais tarde consagrada por Wilian Edwards Deming em meados da década de 50. As primeiras empresas munidas desta forte metodologia aparecem no Japão, onde a busca pelo aumento da qualidade dos seus processos é a sua bandeira. O ciclo PDCA tem como principal objectivo gerir processos, devendo ser administrado de forma continuada por meio de directrizes de controlo.

Como pode ser observado na própria nomenclatura e também na figura 26, o Ciclo PDCA está dividido em 4 fases bem definidas e distintas, que se passam a descrever:

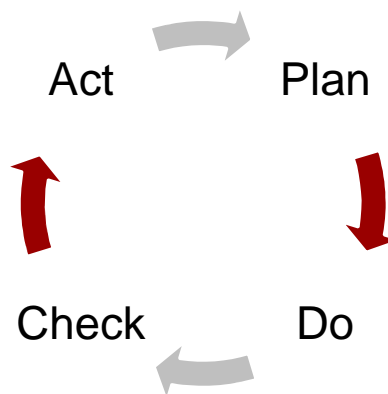


Figura 26 – Ciclo PDCA

**“Plan”** – Esta fase é caracterizada pelo estabelecimento de um plano de acções e está dividida em duas etapas:

- a) A primeira consiste em definir o que se quer, com a finalidade de planejar o que será feito. Esse planeamento envolve a definição de objectivos, estratégias e acções, os quais devem ser claramente quantificáveis (metas);
- b) A segunda etapa consiste em definir quais os métodos que serão utilizados para se atingir os objectivos traçados.

**“Do”** – Caracteriza-se pela execução do que foi planeado e, da mesma forma que a primeira fase, está dividida em duas etapas:

- a) A primeira consiste em capacitar a organização para que a implementação do que foi planeado possa ocorrer. Envolve, portanto, aprendizagem individual e organizacional;
- b) A segunda etapa consiste em implementar o que foi planeado.

**“Check”** – Esta fase consiste em aferir, comparando os dados obtidos na execução com o que foi estabelecido no plano, com a finalidade de verificar se os resultados estão sendo atingidos conforme o que foi planeado. A diferença entre o desejável (planeado) e o resultado real alcançado constitui um problema a ser resolvido. Dessa forma, esta etapa envolve a colecta de dados do processo e a comparação destes com os dados padrão. A análise dos dados do processo fornece indicadores relevantes à próxima etapa.

**“Act”** – Esta fase consiste em agir, ou melhor, fazer as correcções necessárias com o intuito de evitar que a repetição do problema venha a ocorrer. Podem ser acções correctivas ou de

melhorias que tenham sido constatadas como necessárias na fase anterior. Envolve a busca por melhoria contínua até se atingir o padrão, sendo que essa busca da solução dos problemas, por sua vez, orienta para: a necessidade de capacitação; o preenchimento das lacunas de conhecimento necessário à solução do problema, propiciando a criação de novos conhecimentos e a actualizações do padrão. (10)

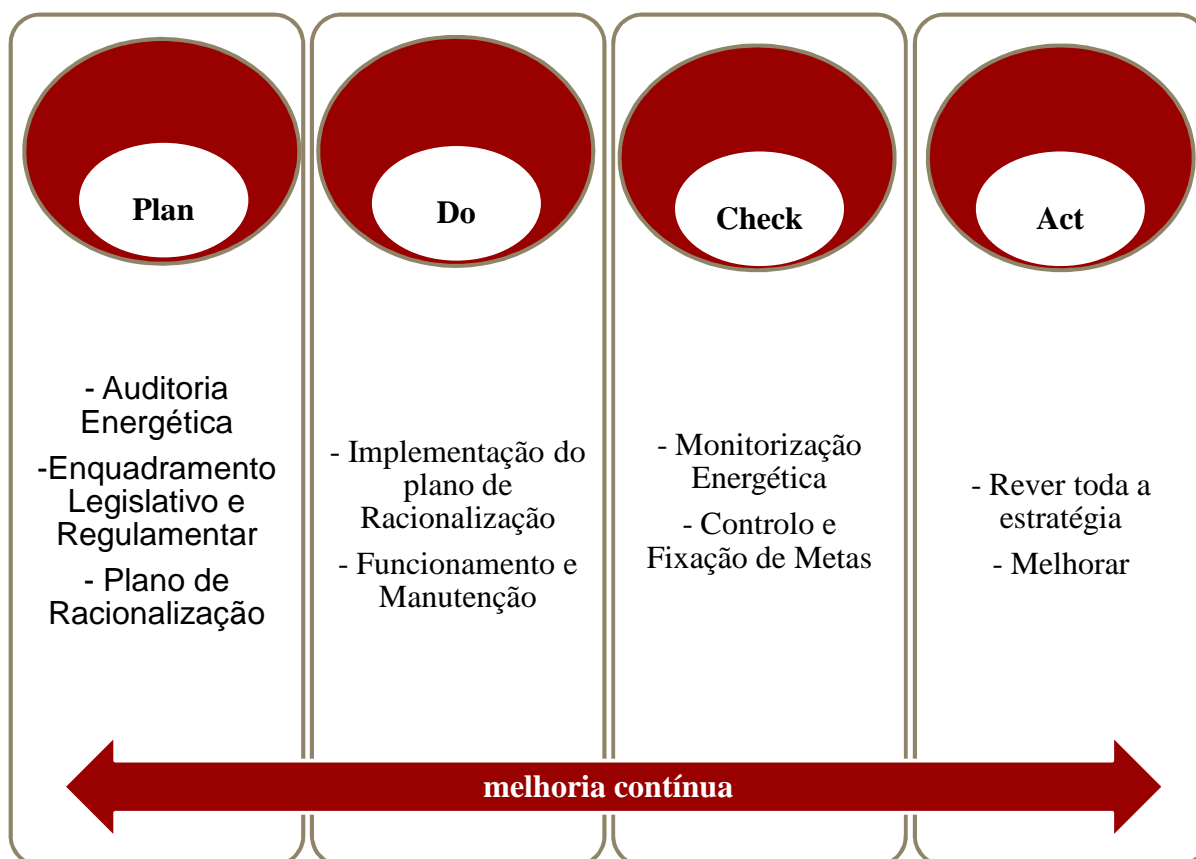
Concebeu-se um sistema de gestão em formato Excel (9), onde no final de cada ano a empresa poderá colocar todos os dados referentes ao consumo energético desse ano, tornando possível comparar os diferentes meses e anos, (“Check”) verificando assim se o caminho escolhido (“Do”) foi o apropriado, e se está conforme as expectativas criadas (“Plan”), podendo assim actuar (“Act”) em conformidade, iniciando-se um novo ciclo.

O sistema de Gestão poderia ser utilizado nas outras empresas do grupo, de modo a obter-se referências de comparação para enquadramento energético de cada uma das empresas do grupo.

O plano de acção consistiu na elaboração de uma auditoria energética preliminar, no enquadramento legislativo da empresa, e num plano anual de racionalização baseado em algumas medidas de melhoria para a redução dos consumos energéticos segundo o RGCE.

Desenvolveu-se um sistema de monitorização dos consumos de electricidade por sectores, assim como um sistema de monitorização dos fornos de fusão, fase do “Check” no ciclo PDCA.

Na Figura 27 mostra a aplicação do ciclo PDCA à SONAFI, onde deverão ser abordadas os seguintes temas em cada uma das fases do ciclo.



**Figura 27** – Aplicação do CICLO PDCA na SONAFI



O ciclo inicia-se com a realização de uma auditoria energética, sendo ela altamente recomendada para identificar as oportunidades de poupança energética, providenciando a linha mestra do consumo de energia da empresa. Uma auditoria quantifica a tendência actual do consumo de energia, e os custos relacionados, podendo no final fazer algumas sugestões para a melhoria da eficiência de equipamentos e edifícios.

De seguida faz-se um enquadramento legislativo e regulamentar da empresa em consonância com os decretos de lei e portarias que regem o consumo energético de Portugal, culminando o ciclo “Plan” num plano de racionalização dos consumos energéticos a cinco anos.

Concluída a fase “Plan”, dá-se início à fase “Do”, que consiste na implementação do plano de racionalização elaborado anteriormente, assegurando o seu funcionamento e manutenção conforme o planeado.

Por sua vez na fase “check” deverá ser efectuada a monitorização dos diversos sectores presentes na empresa, assim como de todas as máquinas em laboração, para tornar possível o controlo e fixação de metas, que representam os dados recolhidos sobre o consumo, produção e eficiência, convertidos em indicadores de desempenho, permitindo à empresa comparar o seu desempenho energético ao longo da evolução do ciclo.

O ciclo termina, com a avaliação e revisão de todo o processo com o intuito da procura da melhoria contínua.



# 4

## Auditoria energética

A auditoria é um trabalho de levantamento das utilizações de energia, que corresponde ao primeiro passo da fase “Plan” do ciclo PDCA.

O trabalho consistiu em:

- Levantamento do uso de todos os tipos de energia consumida e equipamentos consumidores
- Identificação dos Rácios Energéticos
- Identificação dos consumos de energia por sector de actividade
- Identificação do consumo dos grandes equipamentos
- Levantamento das redes de gás natural (Anexo C), água (Anexo F), electricidade (Anexo D) e ar comprimido (Anexo E)

Tendo sido impossível efectuar a medição dos equipamentos e sectores consumidores de energia com aparelhos de medição, devido à não existência dos mesmos na empresa, alguns dos consumos de energia, são fruto de uma aproximação calculada através da potência nominal de cada um dos equipamentos, multiplicado pelas horas de funcionamento, outros resultam da análise das facturas de energia.

### 4.1. FLUXO ENERGÉTICO

Conforme já foi mencionado anteriormente, a SONAFI consome electricidade, gás natural e água, contudo esta última não foi contabilizada no fluxo energético dado o seu baixo valor.

A figura 28 representa o fluxo energético do processo de produção.

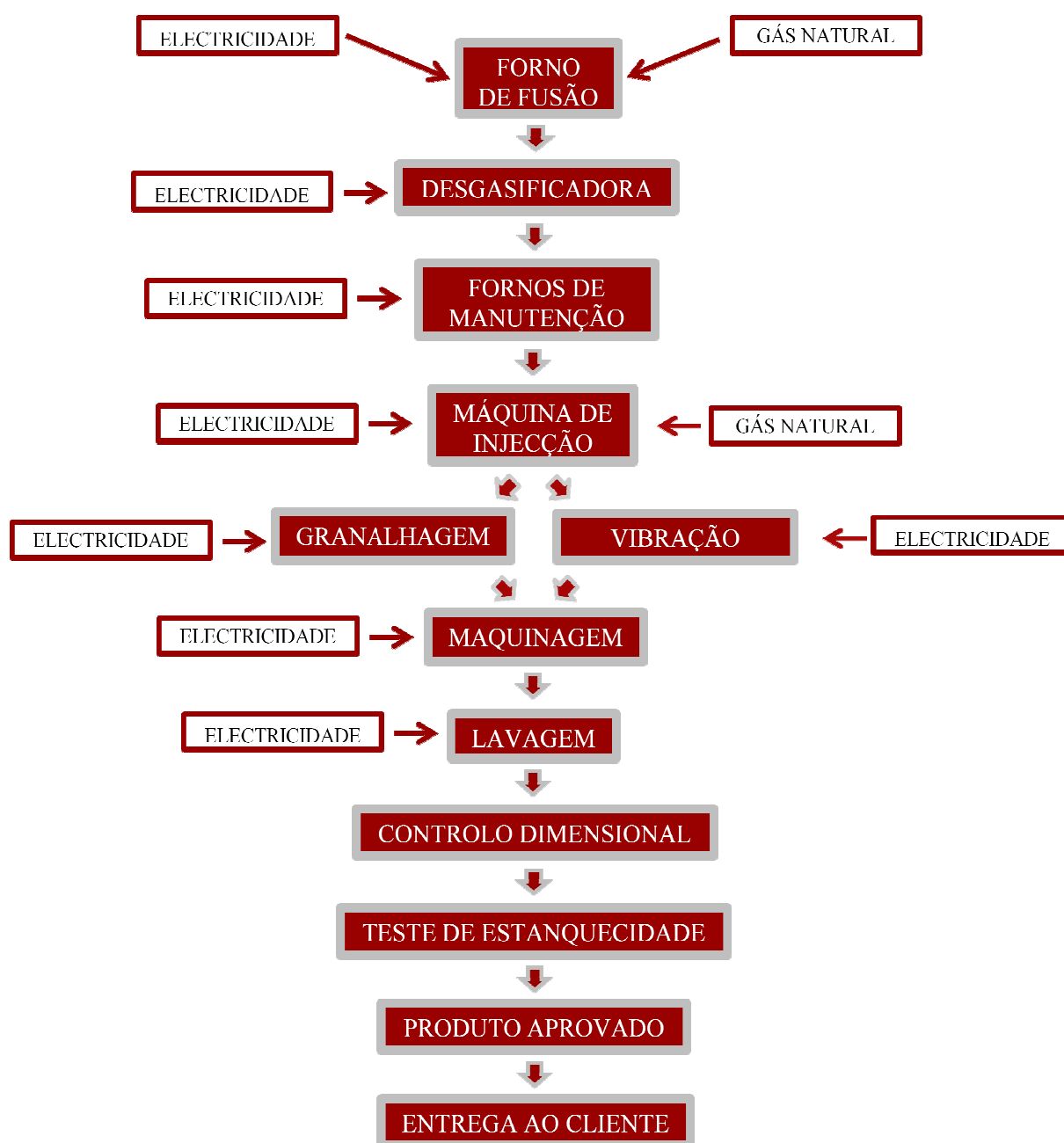


Figura 28 - Fluxo Energético

## 4.2. CONSUMO DE ENERGIA

Ao longo deste capítulo foram analisados os consumos de energia eléctrica e gás natural de 2006, 2007 e 2008 com base nas facturas de energia.

### 4.2.1. ENERGIA ELÉCTRICA

A Electricidade é a energia mais pesada na factura energética da SONAFI, sendo responsável por 58% do consumo total de energia.

O seu fornecimento é efectuado através de uma alimentação de média tensão e distribuída através de um posto de transformação com uma potência instalada de 1880 kVA.

Os principais responsáveis pelo consumo de energia são os fornos de manutenção presentes em cada uma das máquinas de fundição.

Nas tabelas 3, 4 e 5 representa-se os consumos de electricidade dos últimos 3 anos:

**Tabela 3 – Consumo de Electricidade em 2006**

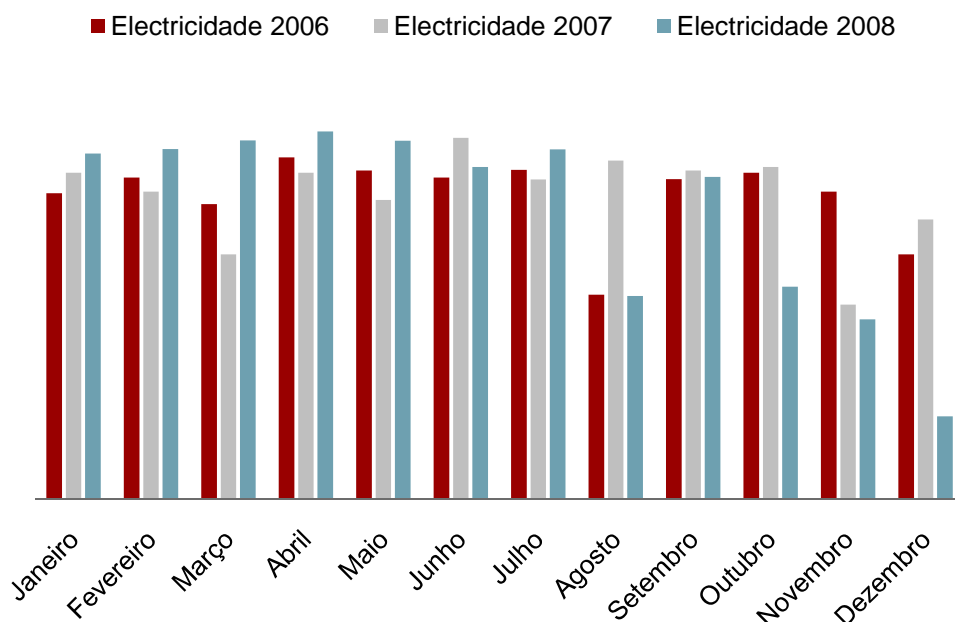
<b>Mês</b>	<b>Electricidade</b>		
	kWh	MWh	tep
Janeiro	2.384.004,50	2.384,00	205,02
Fevereiro	2.504.930,80	2.504,93	215,42
Março	2.297.228,40	2.297,23	197,56
Abril	2.661.924,90	2.661,92	228,92
Maio	2.559.652,90	2.559,65	220,13
Junho	2.506.199,80	2.506,20	215,53
Julho	2.566.435,00	2.566,44	220,71
Setembro	2.493.824,70	2.493,82	214,47
Outubro	2.543.475,50	2.543,48	218,74
Novembro	2.396.891,90	2.396,89	206,13
Dezembro	1.906.223,65	1.906,22	163,93
<b>Total</b>	<b>27.497.936,05</b>	<b>27.497,94</b>	<b>2.364,80</b>

**Tabela 4 – Consumo de Electricidade em 2007**

<b>Mês</b>	<b>Electricidade</b>		
	kWh	MWh	tep
Janeiro	2.543.475,50	2.543,48	218,74
Fevereiro	2.396.891,90	2.396,89	206,13
Março	1.906.216,60	1.906,22	163,93
Abril	2.543.076,00	2.543,08	218,70
Maio	2.330.598,40	2.330,60	200,43
Junho	2.814.515,10	2.814,52	242,05
Julho	2.489.989,50	2.489,99	214,14
Setembro	2.561.246,20	2.561,25	220,27
Outubro	2.587.096,20	2.587,10	222,49
Novembro	1.515.543,20	1.515,54	130,34
Dezembro	2.178.706,15	2.178,71	187,37
<b>Total</b>	<b>26.990.058,75</b>	<b>26.990,06</b>	<b>2.321,13</b>

**Tabela 5** – Consumo de Electricidade em 2008

Mês	Electricidade		
	kWh	MWh	tep
Janeiro	2.692.679,49	2.692,68	231,57
Fevereiro	2.726.404,27	2.726,40	234,47
Março	2.796.104,57	2.796,10	240,46
Abril	1.219.606,22	1.219,61	104,89
Maio	2.792.091,52	2.792,09	240,12
Junho	2.587.924,74	2.587,92	222,56
Julho	2.726.148,05	2.726,15	234,45
Setembro	2.510.688,82	2.510,69	215,92
Outubro	1.654.438,40	1.654,44	142,28
Novembro	1.400.260,73	1.400,26	120,42
Dezembro	644.174,90	644,17	55,40
<b>Total</b>	<b>24.423.756,44</b>	<b>24.423,76</b>	<b>2.100,43</b>

**Figura 29** - Consumo de Electricidade mensal nos anos 2006, 2007 e 2008

A figura 29 mostra a distribuição do consumo de electricidade por meses para os três anos em estudo. Observa-se um decréscimo de consumo no final do ano de 2008 devido à menor procura dos mercados, levando a um abrandamento da produção da empresa. Os meses de Agosto e Dezembro são normalmente meses com uma cadência de produção mais baixa, reflexo do período de férias da SONAFI.

O custo da energia eléctrica é a soma de duas parcelas: a parcela de energia, e a parcela de potência. Actualmente vigora na lei um tarifário denominado termo fixo, contudo o seu peso é de pouca significância na factura de energia.

Em relação à parcela de energia activa consumida em Média Tensão é facturada em quatro períodos distintos: horas de ponta, horas cheias, horas de vazio normal e horas de super vazio. Existindo também uma distinção para o período legal de verão e de inverno.

Na tabela 6 e tabela 7 apresenta-se o horário dos dois tipos de horários disponíveis: período diário e período semanal.

**Tabela 6 – Ciclo Diário (11)**

<b>Ciclo Diário</b>			
<b>Período de hora legal de Inverno</b>		<b>Período de hora legal de Verão</b>	
<b>Segunda a Sexta-feira</b>		<b>Segunda a Sexta-feira</b>	
Ponta	09:30/11:30h	Ponta	10:30/12:30h
	19:00/21:00h		20:00/22:00h
Cheias	08:00/09:30h	Cheias	09:00/10:30h
	11:30/19:00h		12:30/20:00h
Vazio Normal	21:00/22:00h	Vazio Normal	22:00/23:00h
	22:00/02:00h		23:00/02:00h
Super Vazio	06:00/08:00h	Super Vazio	06:00/09:00h
	02:00/06:00h		02:00/06:00h

**Tabela 7 – Ciclo Semanal (11)**

<b>Ciclo Semanal</b>			
<b>Período de hora legal de Inverno</b>		<b>Período de hora legal de Verão</b>	
<b>Segunda a Sexta-feira</b>		<b>Segunda a Sexta-feira</b>	
Ponta	09:30/12:00h	Ponta	09:15/12:15h
	18:30/21:00h		
Cheias	07:00/09:30h	Cheias	07:00/09:15h
	12:00/18:30h		12:15/24:00h
Vazio Normal	21:00/24:00h	Vazio Normal	00:00/02:00h
	00:00/02:00h		06:00/07:00h
Super Vazio	06:00/07:00h	Super Vazio	02:00/06:00h
	02:00/06:00h		

Fez-se uma análise do consumo de energia activa do ano de 2008, tendo em conta os diversos períodos tarifários, mostrando a tabela 8 e tabela 9 os resultados obtidos.

**Tabela 8 – Tarifário da Energia Eléctrica(12)**

<b>Componente de Energia</b>			
Ponta (€/kWh)	Cheia (€/kWh)	Vazio Normal (€/kWh)	Vazio Vazio (€/kWh)
0,0774	0,0709	0,0657	0,0563

Tabela 9 – Consumo de Energia Activa 2008

Mês	Energia Activa			
	Vazio Normal kWh	Activa vazio kWh	Activa ponta kWh	Activa cheias kWh
Janeiro	671.954,30	421.801,50	455.768,40	1.134.326,20
Fevereiro	681.960,60	437.645,20	455.524,00	1.124.771,10
Março	702.271,65	446.876,00	467.619,45	1.160.697,90
Abril	714.042,80	456.741,30	469.027,10	1.176.052,80
Maio	688.080,00	441.875,20	452.558,30	1.124.338,70
Junho	653.121,40	406.879,00	430.773,80	1.088.256,80
Julho	692.761,20	436.735,75	454.292,60	1.133.390,90
<b>Total kWh</b>	<b>4.804.191,95</b>	<b>3.048.553,95</b>	<b>3.185.563,65</b>	<b>7.941.834,40</b>
<b>media</b>	<b>686.313,14</b>	<b>435.507,71</b>	<b>455.080,52</b>	<b>1.134.547,77</b>
<b>Total €</b>	<b>130.097,20</b>	<b>79.841,37</b>	<b>192.052,72</b>	<b>349.396,04</b>

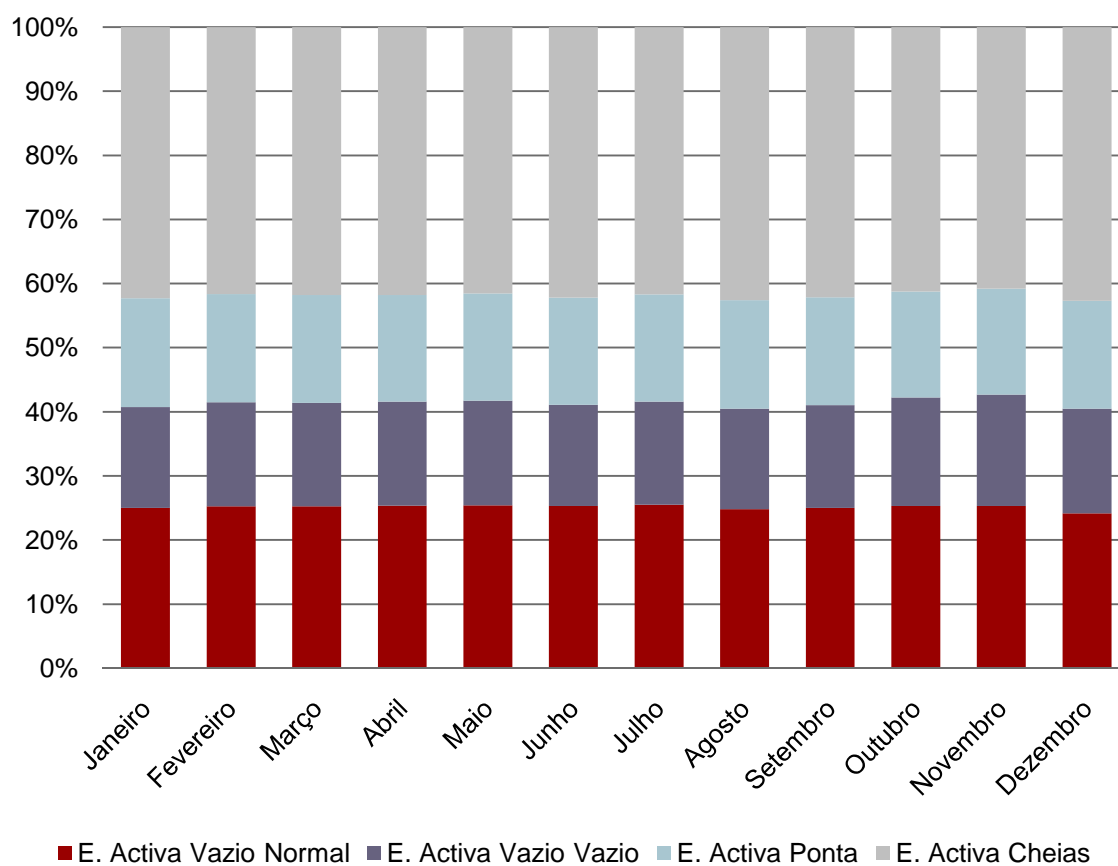
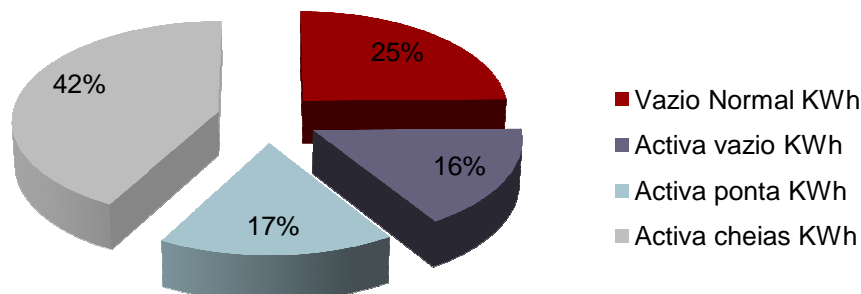


Figura 30 - Repartição percentual do consumo de energia activa do ano 2008 em função dos períodos tarifários





**Figura 31** – Média anual da repartição percentual de energia activa no ano de 2008 em função dos períodos tarifários

A tabela 9 e a figura 30 mostram que existe uma repartição praticamente constante em função dos períodos tarifários, sendo o valor médio anual dado pela figura 31.

Relativamente à parcela de potência, a Potência Contratada (PC) deve ser igual à Potência Tomada (PT), devendo ambas ter o mínimo valor possível para minimizar a factura de electricidade. (12)

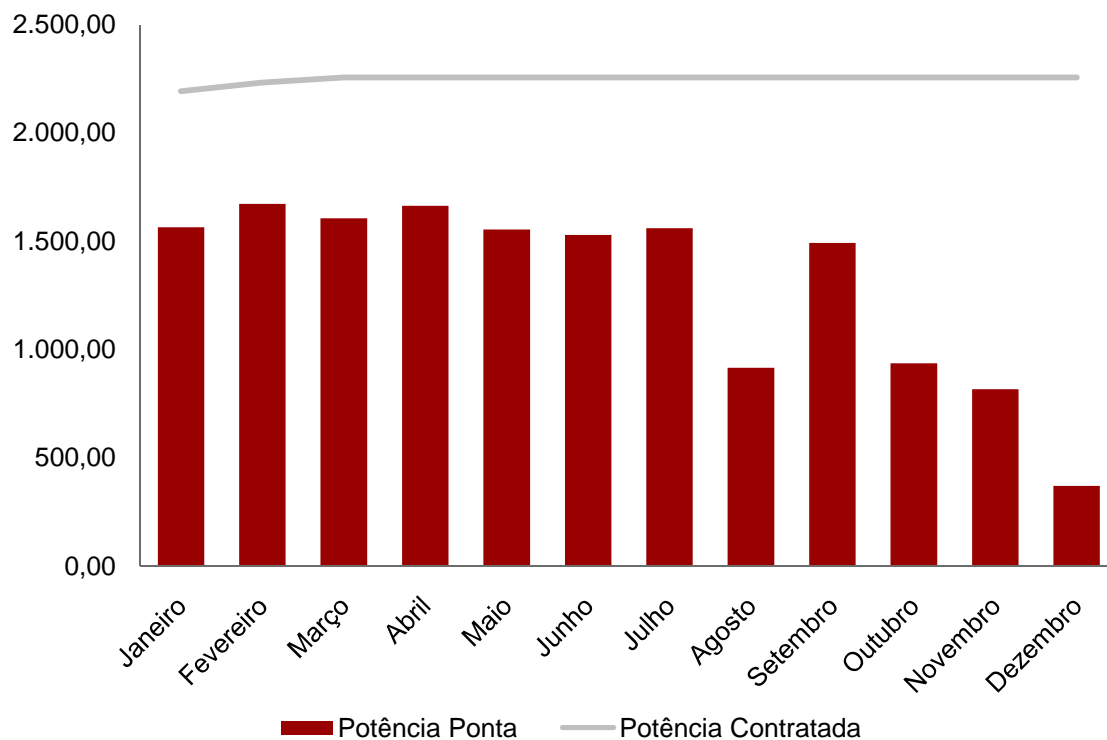
Deve-se então determinar a potência mínima a contratar (PC), assegurando que nunca é tomada em algum momento, uma potência superior a esta. (12)

A partir de 2002, a estrutura tarifária é calculada a partir da potência em horas de ponta (PHP), que corresponde ao quociente mensal entre a energia activa consumida em horas de ponta e o número de horas de ponta para o mesmo período. A PHP apresenta-se por cerca de 120 horas/mês. (12)

Assim sendo, a potência contratada por seu turno é calculada pela máxima potência tomada nos últimos 12 meses. Tal é traduzido numa correcção automática completa, que o cliente não pode alterar por solicitação à entidade distribuidora de energia. (12)

A figura 32 mostra a potência na hora de ponta e a potência contratada em função dos meses do ano de 2008.

O decréscimo abrupto observado no mês de Agosto é justificado pelo período de férias da SONAFI, revelando um novo aumento no mês de Setembro, onde coincide com a entrada de laboração após período de férias, a partir desse momento denota-se um decréscimo contínuo da curva, devido a uma baixa de produção, que é um reflexo dos mercados internacionais, onde a procura tende a diminuir.



**Figura 32** - Repartição da potência contratada e da potência de ponta

A figura 32, mostra também que existe um desfasamento entre a potência de ponta e a potência contratada. Tal acontece devido a um pico de potência que ocorre durante duas fases do dia, de origem desconhecida por não existir um sistema monitorização do consumo de energia eléctrica.

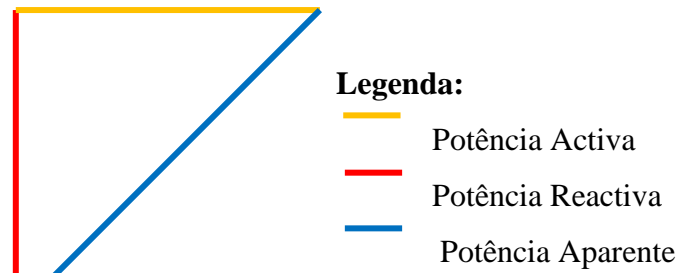
A potência eléctrica tem duas componentes, a potência activa (que produz trabalho) e a potência reactiva (que não produz trabalho, mas que é necessária para que a energia eléctrica seja transferida).

Um motor eléctrico, por exemplo, é um tipo de equipamento que no início da sua laboração consome quase exclusivamente energia reactiva, contudo à medida que é aplicada carga ao seu veio, aumenta o consumo de energia activa, mas mantendo de uma forma praticamente inalterada, o consumo de energia reactiva. (12)

Numa unidade industrial como a SONAFI, os grandes responsáveis pelo consumo de energia reactiva são:

- Motores eléctricos
- Fornos de manutenção

A relação entre a potência (energia por unidade de tempo) activa e reactiva pode ser definida por um triângulo tal como ilustrado na figura 33.



**Figura 33** – Triângulo das Potências

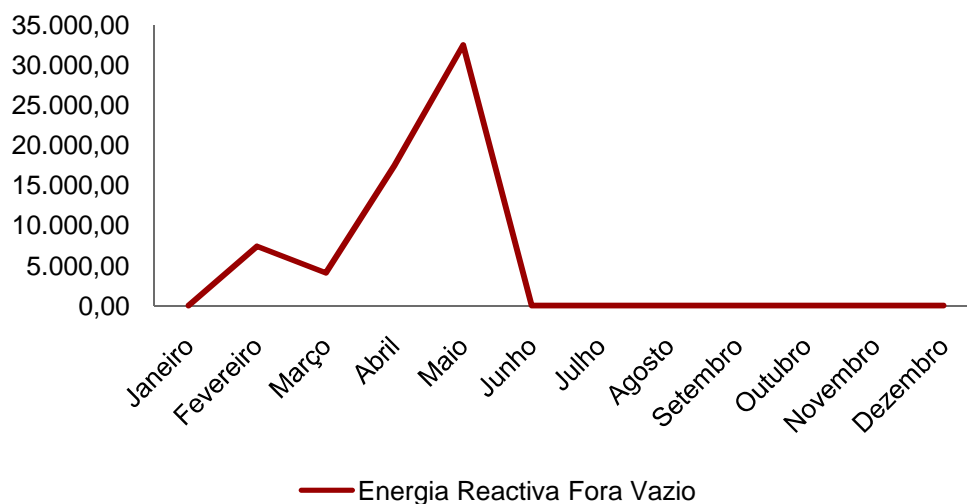
A potência aparente representa a carga que efectivamente é transferida para todo o sistema de produção e transporte de energia, tal como evidenciado na equação 4.

$$\text{Potência aparente} = \sqrt{\text{Potência reactiva}^2 + \text{Potência Activa}^2} \quad \text{Equação 4}$$

Do triângulo facilmente se conclui que mantendo constante a potência activa, quanto menor for a potência reactiva, menor será a potência aparente, factor que será determinante na factura eléctrica.

Idealmente a energia reactiva deveria ser igual a zero, contudo tal não é possível. No entanto pode-se criar artificialmente uma potência reactiva de sinal contrário através da introdução de condensadores, com o objectivo de a reduzir, o que terá como efeito o não aparecimento da energia reactiva na factura de electricidade.

Os consumos excessivos de energia têm também um efeito devastador na vida útil dos equipamentos, pois a ocorrência de sobrecargas frequentes provoca o aquecimento excessivo dos dispositivos de comando, encurtando assim a duração dos mesmos. (12)



**Figura 34** - Energia Reactiva Fora Vazio

Como se pode observar pela figura 34 o factor de potência da SONAFI, já foi objecto de estudo no ano transacto, tendo-se conseguido de modo eficaz anular praticamente toda a potência reactiva existente na sua rede, devido à aplicação de condensadores tornando o factor de potência compreendido entre +0,93 e -0,93, para que a “balança” esteja assim sempre equilibrada.

#### 4.3. GÁS NATURAL

O gás natural é o segundo recurso energético mais consumido pela SONAFI, sendo responsável por 42% da factura energética.

A tabela 10 mostra a composição do gás natural. O índice de Wobbe<sup>7</sup> (superior), relativo ao poder calorífico<sup>8</sup> superior<sup>9</sup>, estando compreendido entre 39,1 MJ/m<sup>3</sup> e 54,4 MJ/m<sup>3</sup>.

**Tabela 10 – Composição do Gás Natural (14)**

<b>Composição Química</b>	
<b>Componente</b>	<b>% em Volume</b>
CH <sub>4</sub>	85,1
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	9,14
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1,87
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	1,15
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,34
C <sub>6+</sub>	2,4

Os fornos de fusão são responsáveis pela quase totalidade do consumo de gás natural, sendo apenas uma parte muito diminuta gasta em pequenos maçaricos que servem para aquecer o molde das máquinas de fundição.

Nas tabelas 11, 12 e 13, vêm representados os consumos de gás natural dos últimos três anos.

<sup>7</sup> Índice de Wobbe – É definido pelo quociente entre o poder calorífico e a raiz quadrada da sua intensidade

<sup>8</sup> Poder Calorífico – Quantidade de energia por unidade de massa (ou de volume no caso dos gases) libertada na oxidação de um determinado combustível

<sup>9</sup> Poder calorífico Superior – É dado por a soma de energia libertada na forma de calor e a energia gasta na vaporização da água que se forma numa reacção de oxidação

Tabela 11 – Consumo de Gás Natural em 2006

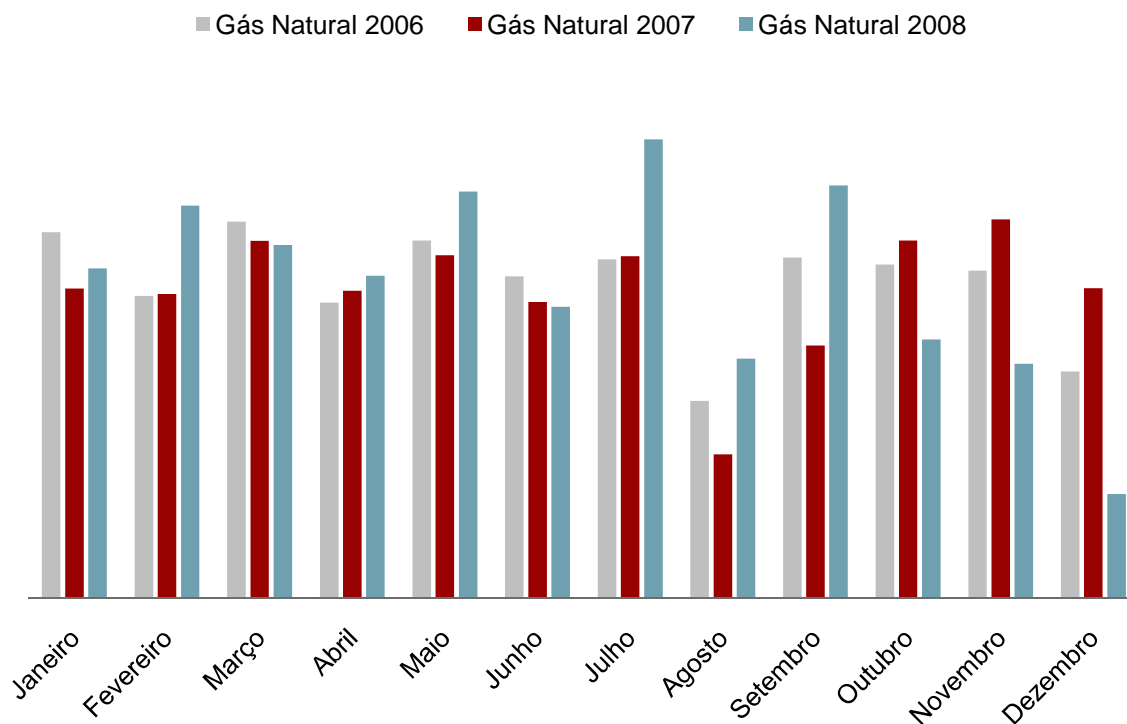
Mês	Gás Natural		
	m <sup>3</sup>	MWh	tep
Janeiro	170.335	1.917,27	164,88
Fevereiro	140.657	1.583,22	136,16
Março	175.230	1.972,37	169,62
Abril	137.557	1.548,33	133,16
Maio	166.481	1.873,89	161,15
Junho	149.728	1.685,32	144,94
Julho	157.579	1.773,70	152,54
Setembro	158.583	1.784,99	153,51
Outubro	155.293	1.747,96	150,32
Novembro	152.473	1.716,22	147,59
Dezembro	105.442	1.186,85	102,07
<b>Total</b>	<b>1.761.073,55</b>	<b>19.822,47</b>	<b>1.704,72</b>

Tabela 12 – Consumo de Gás Natural em 2007

Mês	Gás Natural		
	m <sup>3</sup>	MWh	tep
Janeiro	144.069	1.621,63	139,46
Fevereiro	141.475	1.592,43	136,95
Março	166.307	1.871,94	160,99
Abril	142.943	1.608,96	138,37
Maio	159.596	1.796,39	154,49
Junho	137.748	1.550,47	133,34
Julho	159.163	1.791,53	154,07
Setembro	117.575	1.323,42	113,81
Outubro	166.404	1.873,02	161,08
Novembro	176.266	1.984,04	170,63
Dezembro	144.222	1.623,35	139,61
<b>Total</b>	<b>1.722.587,60</b>	<b>19.389,28</b>	<b>1.667,46</b>

**Tabela 13** – Consumo de Gás Natural em 2008

<b>Gás Natural</b>			
<b>Mês</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>MWh</b>	<b>tep</b>
Janeiro	153.427	1.726,96	148,52
Fevereiro	182.722	2.056,70	176,87
Março	164.390	1.850,35	159,13
Abril	150.064	1.689,11	145,26
Maio	189.182	2.129,41	183,13
Junho	135.600	1.526,30	131,26
Julho	213.473	2.402,83	206,64
Setembro	192.121	2.162,49	185,97
Outubro	120.394	1.355,15	116,54
Novembro	109.078	1.227,77	105,59
Dezembro	48.282	543,46	46,74
<b>Total</b>	<b>1.770.137,27</b>	<b>19.924,50</b>	<b>1.713,49</b>

**Figura 35** - Consumo de Gás Natural mensal nos anos 2006, 2007 e 2008

A figura 35 mostra a repartição do consumo de gás natural em função dos meses do ano para o referido período, evidenciando que o consumo de gás natural tem uma distribuição idêntica ao consumo de energia eléctrica nos últimos três anos, visto que são duas energias de base de laboração da SONAFI.

#### 4.4. CONSUMO ESPECÍFICO

O consumo específico (CEE) é a relação entre a quantidade de energia consumida (tep) dividida pela quantidade de liga fundida (ton), sendo este um indicador de grande utilidade para avaliar a eficiência energética do processo produtivo, conforme foi referido.

Para ser possível efectuar uma correcta interpretação deste indicador é importante conhecer a sua evolução com o volume de produção, número e duração das paragens, etc.

Foi efectuado o levantamento dos consumos de liga nos anos de 2006, 2007 e 2008, onde se poderá observar pelas tabelas 15, 17 e 19 representativas dos consumos específicos em função dos meses dos anos 2006, 2007 e 2008, que as ligas utilizadas nos diferentes anos apresentam pesos distintos, sendo actualmente apenas utilizadas as ligas de AlSi10Mg e Ad9U3Y40, apresentadas nas tabelas 14, 16 e 18.

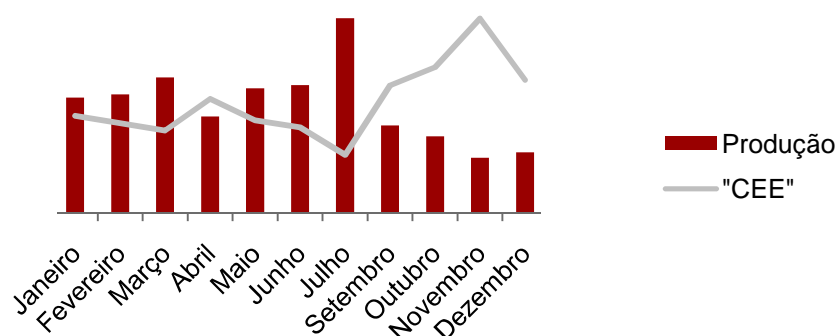
Tabela 14 – Produção 2006

Mês	Produção (ton)				
	AlSi10Mg	Ad9U3Y40	AlSi12	Zamak	TOTAL
Janeiro	56,045	609,865	51,959	0,000	717,869
Fevereiro	33,394	621,805	83,376	0,000	738,574
Março	13,435	773,371	45,477	9,999	842,282
Abril	24,908	512,302	62,442	0,000	599,652
Maio	0,000	693,729	81,895	0,000	775,625
Junho	51,904	714,416	29,631	0,000	795,952
Julho	46,424	1.053,801	102,267	8,636	1.211,129
Agosto	-	-	-	-	-
Setembro	33,227	473,887	38,432	0,000	545,545
Outubro	36,030	349,708	86,287	5,915	477,941
Novembro	44,847	291,546	7,532	0,000	343,925
Dezembro	8,711	369,387	0,000	0,000	378,099
<b>Total</b>	<b>348,93</b>	<b>6.463,82</b>	<b>589,30</b>	<b>24,55</b>	<b>7.426,59</b>

Tabela 15 - Consumo Específico em 2006

Mês	CEE (tep/ton fundida)		
	Electricidade	Gás Natural	Total
Janeiro	0,29	0,23	0,52
Fevereiro	0,29	0,18	0,48
Março	0,23	0,20	0,44
Abril	0,38	0,22	0,60
Maio	0,28	0,21	0,49
Junho	0,27	0,18	0,45
Julho	0,18	0,13	0,31
Setembro	0,39	0,28	0,67
Outubro	0,46	0,31	0,77
Novembro	0,60	0,43	1,03
Dezembro	0,43	0,27	0,70
<b>Total</b>	<b>0,32</b>	<b>0,23</b>	<b>0,55</b>

As figuras 36, 37 e 38 representam a produção e o consumo específico em função dos meses dos anos de 2006, 2007 e 2008 respectivamente.



**Figura 36** - Produção e Consumo Específico em 2006

Observando a figura 36, pode-se constatar que o consumo específico de 2006 teve um mínimo no mês de Julho devido à elevada produção desse mesmo mês, e um máximo em Novembro devido a uma baixa na produção. O mesmo acontece na figura 37 e figura 38 onde se pode concluir que o CEE decresce proporcionalmente com o aumento da produção, e cresce com a diminuição da mesma. Por seu turno durante os meses em que a produção é aproximadamente constante, o CEE é praticamente constante.

**Tabela 16** – Produção em 2007

Mês	Produção (ton)				TOTAL
	AlSi10Mg	Ad9U3Y40	AlSi12	Zamak	
Janeiro	13,456	825,212	0,000	5,967	844,635
Fevereiro	24,393	738,422	0,000	0,000	762,815
Março	17,129	957,886	0,000	5,760	980,775
Abril	22,480	707,341	0,000	0,000	729,821
Maio	28,954	828,544	0,000	5,844	863,343
Junho	24,120	666,265	0,000	0,000	690,385
Julho	22,640	1.040,249	0,000	0,000	1.062,889
Agosto	-	-	-	-	-
Setembro	19,214	793,889	0,000	0,000	813,102
Outubro	17,181	882,989	0,000	0,000	900,170
Novembro	27,876	795,021	0,000	0,000	822,897
Dezembro	4,968	645,576	0,000	0,000	650,543
<b>Total</b>	<b>222,41</b>	<b>8.881,39</b>	<b>0,00</b>	<b>17,57</b>	<b>9.121,37</b>



Tabela 17 - Consumo Específico em 2007

Mês	CEE (tep/ton fundida)		
	Electricidade	Gás Natural	Total
Janeiro	0,26	0,17	0,42
Fevereiro	0,27	0,18	0,45
Março	0,17	0,16	0,33
Abril	0,30	0,19	0,49
Maio	0,23	0,18	0,41
Junho	0,35	0,19	0,54
Julho	0,20	0,14	0,35
Setembro	0,27	0,14	0,41
Outubro	0,25	0,18	0,43
Novembro	0,16	0,21	0,37
Dezembro	0,29	0,21	0,50
<b>Total</b>	<b>0,25</b>	<b>0,18</b>	<b>0,44</b>

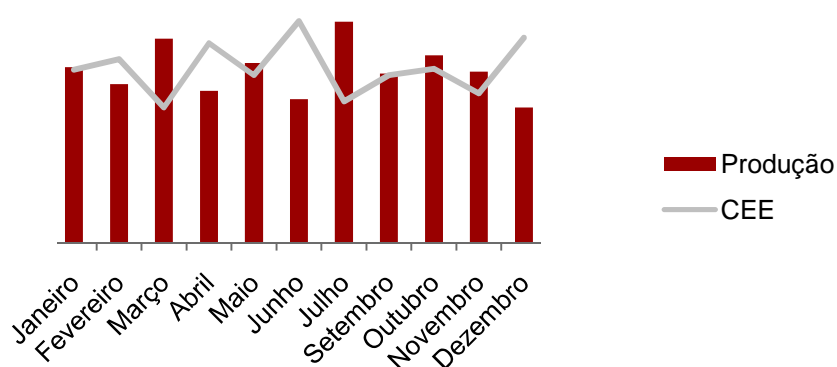


Figura 37 - Produção e Consumo Específico em 2007

Tabela 18 – Produção em 2008

Mês	Produção (ton)				
	AlSi10Mg	Ad9U3Y40	AlSi12	Zamak	TOTAL
Janeiro	14,335	668,646	0,000	0,000	682,981
Fevereiro	34,498	863,846	0,000	0,000	898,344
Março	16,993	826,084	0,000	0,000	843,077
Abril	33,840	786,167	0,000	0,000	820,007
Maio	16,751	840,818	0,000	0,000	857,569
Junho	16,436	725,699	0,000	0,000	742,135
Julho	62,266	1.064,186	0,000	0,000	1.126,451
Agosto	-	-	-	-	-
Setembro	27,065	846,968	0,000	0,000	874,033
Outubro	0,000	384,432	0,000	0,000	384,432
Novembro	8,378	311,330	0,000	0,000	319,708
Dezembro	5,760	151,262	0,000	0,000	157,022
<b>Total</b>	<b>236,32</b>	<b>7.469,44</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>7.705,76</b>

Tabela 19 – Consumo Específico em 2008

Mês	CEE (tep/ton fundida)		
	Electricidade	Gás Natural	Total
Janeiro	0,34	0,22	0,56
Fevereiro	0,26	0,20	0,46
Março	0,29	0,19	0,47
Abril	0,13	0,18	0,31
Maio	0,28	0,21	0,49
Junho	0,30	0,18	0,48
Julho	0,21	0,18	0,39
Setembro	0,25	0,21	0,46
Outubro	0,37	0,30	0,67
Novembro	0,38	0,33	0,71
Dezembro	0,35	0,30	0,65
<b>Total</b>	<b>0,27</b>	<b>0,22</b>	<b>0,49</b>

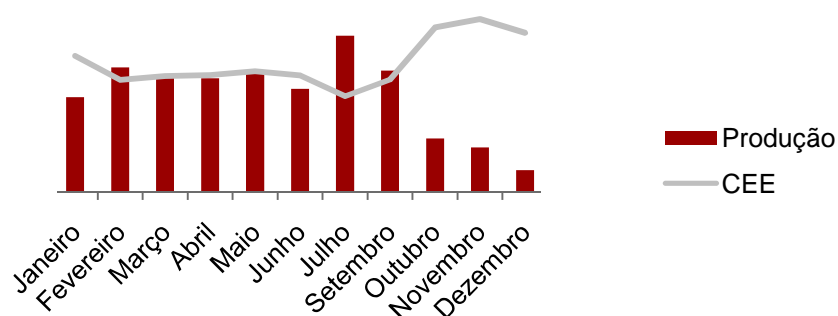


Figura 38 - Produção e Consumo Específico em 2008

Na tabela 20, apresenta-se o consumo de energia, a produção anual e os consumos específicos anuais nos últimos três anos.

Tabela 20 – Consumo de Energia 2006, 2007 e 2008

Consumo de Energia	2008	2007	2006
CEE (tep/ton)	0,49	0,44	0,55
Consumo de Electricidade (tep)	2.100,43	2.321,13	2.364,30
Consumo de Gás Natural (tep)	1.713,49	1.667,46	1.704,72
Consumo de Energia (tep)	3.813,92	3.988,59	4.069,02
Produção (ton)	7.705,76	9.121,37	7.426,59

A figura 39 representa o gráfico do consumo de energia vs produção, tendo sido obtido a partir dos valores mensais do período em estudo (símbolos).

- **Intercepção (c)** - representa a energia que é necessária mesmo que a produção seja reduzida a zero, ou seja quando SONAFI interrompe a sua produção, por exemplo nos feriados e domingos, o seu consumo energético é muito próximo dos 100 tep/mês.
- **Declive (m)** - representa a quantidade de energia necessária para processar cada unidade adicional de produção, dando origem à eficiência do processo.
- **Dispersão** - representa a distância dos pontos dos dados da linha de melhor ajuste, indicando a variação energética por cada unidade de produção, entre um e outro período, pela análise da dispersão presente na figura 39, pode-se dizer que o processo de controlo existente na SOANFI é razoável, pois em grande parte dos meses dos últimos três anos a dispersão é muito diminuta, sendo o primeiro ponto tão disperso da recta de melhor ajustamento devido à quebra de produção existente no mês de Dezembro de 2008, sendo este um reflexo da quebra das vendas.

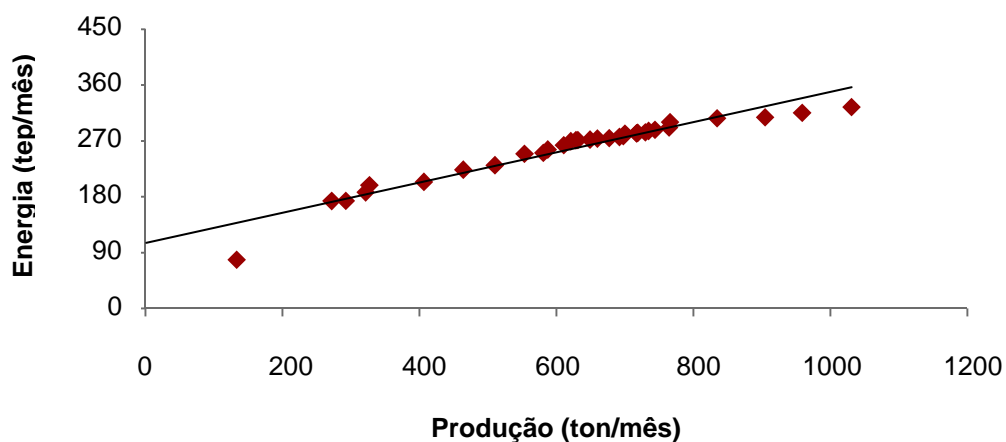


Figura 39 – Consumo de Energia vs Produção mensal (dados 2006, 2007 e 2008)

Os consumos de energia poderão ser reduzidos, desde que sejam diminuídos quaisquer dos coeficientes ou, idealmente os dois coeficientes.

- **A redução de (c)** - significa uma diminuição dos consumos de energia nos serviços auxiliares e nas perdas. Neste caso obtêm-se uma recta paralela à recta original, porque não foi alterado o declive (m). Esta é a situação em que se consegue uma diminuição global dos consumos de energia (para a mesma produção), devido apenas à redução dos consumos auxiliares e perdas.
- **A redução de (m)** - significa uma diminuição da incidência do consumo de energia na produção. Neste caso, obtêm-se uma recta com um declive inferior à recta original, mantendo-se o mesmo valor de (c). Esta é a situação em que se consegue uma diminuição global dos consumos de energia (para a mesma produção), devido apenas à redução da componente energética que incide directamente na produção: é uma eficiência energética directa no sector produtivo.
- **A redução simultânea de (c) e (m)** - significa uma diminuição global dos consumos de energia nos serviços auxiliares, nas perdas e na incidência do consumo de energia na produção. Neste caso obtêm-se uma recta com uma ordenada na origem e um declive inferiores à recta original.

#### 4.5. CONSUMO ENERGÉTICO SECTORIAL

Os consumos energéticos sectoriais são de extrema importância para a percepção dos sectores que tem maior consumo da empresa.

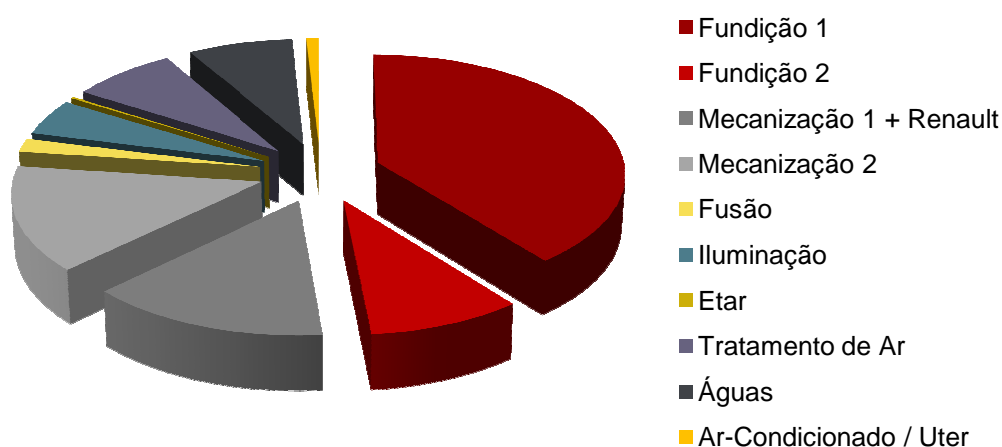
A tabela 21 representa o consumo sectorial de electricidade. Os valores foram obtidos com base na potência nominal dos equipamentos eléctricos da empresa.

**Tabela 21 - Consumo Sectorial de Electricidade de 2008**

	Consumos de Electricidade				
	Mensal		Anual		%
	kWh	tep	kWh	tep	
Mês					
Fundição 1	1.076.145,84	92,55	11.837.604,24	1.018,03	45,80%
Fundição 2	250.393,44	21,53	1.530.030,48	131,58	
Mecanização 1	391.968,72	33,71	4.311.655,92	370,80	29,48%
Mecanização 2	390.231,60	33,56	4.292.547,60	369,16	
Fusão	49.632,00	4,27	545.952,00	46,95	1,87%
Iluminação	149.843,97	12,89	1.648.283,68	141,75	5,65%
Etar	6.204,00	0,53	68.244,00	5,87	0,23%
Tratamento de Ar	207.213,60	17,82	2.279.349,60	196,02	7,81%
Águas	204.732,00	17,61	2.252.052,00	193,67	7,72%
Compressores	70.597,24	2,58	776.569,65	5,68	0,53%
AC / Uter	24.446,24	2,10	268.908,66	23,13	0,92%
<b>Total</b>	<b>2.821.408,66</b>	<b>239,15</b>	<b>29.811.197,83</b>	<b>2.502,64</b>	<b>100,00%</b>

A figura 40 mostra a repartição sectorial do consumo, verificando-se que a *Fundição 1 e 2* são os maiores consumidores de energia ( 45,8%), muito devido aos fornos de manutenção da liga presentes em cada uma das máquinas de injeção. Segue-se o sector de *Acabamentos 1 e 2* com 29,5%, os outros sectores possuem um consumo menor que 8%, devido à utilização exaustiva de motores eléctricos, onde maioritariamente não possuem VEV's<sup>10</sup>.

<sup>10</sup> VEV's - Fontes de frequência variável



**Figura 40** - Repartição do consumo de electricidade sectorial

#### 4.5.1. EQUIPAMENTO MAQUINAGEM

Uma parte muito importante e representativa, quer a nível de consumos energéticos, quer a nível do volume de facturação da SONAFI, são os equipamentos de maquinagem presentes nos *Acabamentos* 1 e 2, normalmente dispostos segundo centros de maquinagem, representando de 29,5% do consumo eléctrico total da empresa.

Na tabela 22, estão representados os consumos de electricidade das máquinas de produção. No anexo A, apresenta-se o inventário de todas as máquinas de produção com o seu respectivo consumo.

**Tabela 22** – Consumos de Electricidade médio dos equipamentos de Maquinagem

Consumo Electricidade do Equipamento de Maquinagem			
Total (mês) kWh	Total tep (mês)	Total (ano) kWh	Total tep (ano)
782.200,32	67,257	8.604.203,52	739,9445

#### 4.5.2. MÁQUINAS DE FUNDIÇÃO

Os sectores de fundição consomem 45,8% da factura de electricidade, devido ao contributo de cada um dos fornos de manutenção existentes em cada uma das 22 máquinas de fundição injectada, e os motores eléctricos que accionam todos os mecanismos hidráulicos existentes.

A tabela 23 representa o consumo eléctrico de todo o equipamento de produção existente na *Fundição 1* e 2. No Anexo B, apresenta-se o inventário de todos os equipamentos existentes na *Fundição 1* e 2, assim como os seus respectivos consumos de electricidade.

**Tabela 23** – Consumos de Electricidade médio das máquinas de Fundição

<b>Consumo Electricidade do Equipamento de Produção</b>			
Total (mês) kWh	Total tep (mês)	Total (ano) kWh	Total tep (ano)
1.326.539,28	114,0925	13.367.634,72	1149,5965

#### 4.5.3. ILUMINAÇÃO

O peso da iluminação no consumo de electricidade poderá ser somente de 5,65%, contudo é sem dúvida um ponto muito interessante para a procura de redução do consumo de energia, que será objecto de estudo no capítulo 5.

Reduzir os níveis de iluminação recomendados somente com a finalidade de reduzir os consumos de energia é uma medida errada, pois poderemos ter o reverso da medalha, com um decréscimo dos níveis de produtividade, normalmente associado ao aumento da fadiga dos colaboradores.

Neste contexto pode-se dizer que uma boa iluminação melhora a velocidade de percepção e aumenta a sensibilidade visual, pelo que os níveis de iluminação recomendados pela norma DIN5035<sup>11</sup>, têm em conta o desempenho visual médio necessário à realização de tarefas.

Qualquer instalação fabril, deve pressupor um sistema de iluminação que preveja a redução dos consumos energéticos, mas tendo sempre em atenção os seguintes aspectos:

- Dar prioridade à iluminação natural
- Dimensionar correctamente os níveis de iluminação necessários para os locais, prevendo níveis gerais de iluminação e níveis específicos para os dirigentes postos de trabalho.
- Optar por tipo de iluminação adequados à tarefa a executar
- Utilizar equipamentos com elevado rendimento

Os consumos de iluminação da SONAFI são mostrados na tabela 24.

<sup>11</sup> DIN 5035 – Níveis padrão de iluminação recomendados para ambientes de trabalho

Tabela 24 – Consumos de Iluminação

Consumos de Iluminação							
	Tipo de Lâmpada	Pot. N. (W)	Qty	Mensal		Anual	
				kWh	tep	kWh	tep
Fundição 1	V. de Mercúrio	400,00	150	31.764,48	31.764,48	349.409,28	30,05
	Fluorescente	58,00	555	16.984,07	16,98	186.824,77	16,07
	<b>SubTotal</b>			<b>48.748,55</b>	<b>31.781,46</b>	<b>536.234,05</b>	<b>46,12</b>
Fundição2	V. de Mercúrio	400,00	94	19.852,80	1,72	218.380,80	18,78
	<b>SubTotal</b>			<b>19.852,80</b>	<b>1,72</b>	<b>218.380,80</b>	<b>18,78</b>
Acaba 1	Fluorescente	58,00	677	20.726,32	1,79	227.989,50	19,61
	<b>SubTotal</b>			<b>20.726,32</b>	<b>1,79</b>	<b>227.989,50</b>	<b>19,61</b>
Acaba R	Fluorescente	58,00	207	6.333,04	0,54	69.663,48	5,99
	<b>SubTotal</b>			<b>6.333,04</b>	<b>0,54</b>	<b>69.663,48</b>	<b>5,99</b>
Acaba 2	Fluorescente	58,00	790	24.180,71	2,08	265.987,81	22,87
	<b>SubTotal</b>			<b>24.180,71</b>	<b>2,08</b>	<b>265.987,81</b>	<b>22,87</b>
Fusão	V. de Mercúrio	400,00	33	6.948,48	0,60	76.433,28	6,57
	Fluorescente	58,00	61	1.871,13	0,16	20.582,39	1,77
	<b>SubTotal</b>			<b>8.819,61</b>	<b>0,76</b>	<b>97.015,67</b>	<b>8,34</b>
Manut. Moldes	Fluorescente	58,00	392	12.004,61	1,03	132.050,69	11,36
	Focos	150,00	9	744,48	0,06	8.189,28	0,70
	<b>SubTotal</b>			<b>12.749,09</b>	<b>1,10</b>	<b>140.239,97</b>	<b>12,06</b>
<b>Total</b>				<b>141.410,12</b>	<b>31.789,44</b>	<b>1.555.511,29</b>	<b>133,77</b>

#### 4.5.4. MOTORES ELÉCTRICOS

Do ponto de vista do consumo de electricidade dos motores, é de todo recomendável o uso de variadores electrónicos de velocidade (VEV's), pois estes podem operar numa vasta gama de aplicações, variando conforme as necessidades.

Os motores compreendem ventiladores, bombas e compressores, estando distribuídos por diversos sectores da empresa, como apresentado na tabela 25.

Os motores eléctricos têm como finalidade a transformação da energia eléctrica (figura 41) em energia mecânica transmitida ao seu veio, por meio de interacções electromagnéticas e mecânicas entre os enrolamentos e os materiais magnéticos do rotor e estator.

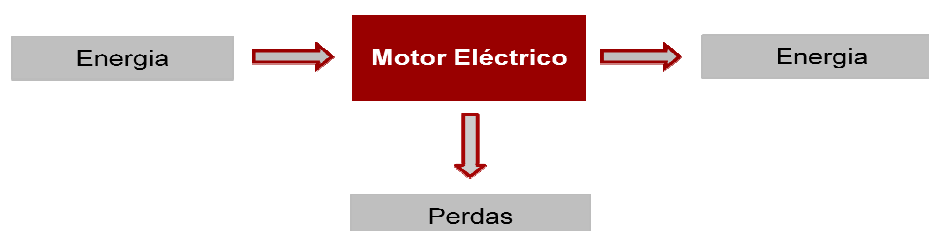


Figura 41 - Motores Eléctricos

As perdas de todo o processo de transformação, são mensuráveis através do rendimento, enunciado na equação 5:

$$\eta = \frac{P_{mec}}{P_{ele}} \times 100\% \quad \text{Equação 5 (12)}$$

Onde:

$P_{mec}$ - Potência mecânica

$P_{ele}$ - Potência eléctrica

Contudo, como a potência eléctrica é igual à potência mecânica mais as perdas, o rendimento pode também ser obtida pela expressão:

$$\eta = \frac{(P_{ele} - \text{Perdas})}{P_{ele}} \quad \text{Equação 6 (12)}$$

Por sua vez, a potência mecânica traduz-se pelo binário que o motor é capaz de gerar no seu veio, que é função da interacção entre o campo girante e as correntes induzidas. (12)

$$T = K \times B_e \times B_r \times \sin \alpha \quad \text{Equação 7 (12)}$$

Onde:

$T$  – Binário

$K$  – Constante

$B_e$  – Indução magnética criada pelo estator

$B_r$  – Indução magnética criada pelo rotor

$\alpha$  – Ângulo entre  $B_e$  e  $B_r$

Na tabela 25 mostra os consumos eléctricos médios de todos os motores eléctricos presentes na empresa, não acoplados directamente a máquinas, ou centros de maquinagem.



Tabela 25 – Consumos médios dos Motores Eléctricos

	Consumos dos Motores Eléctricos						
			Mensal		Anual		
			Pot. N. (KW)	Qty	kWh	tep	kWh
Circuito de água	22,00	9	109.190,40	9,39	1.201.094,40	103,29	
	11,00	9	54.595,20	4,70	600.547,20	51,65	
	SubTotal		163.785,60	14,09	1.801.641,60	154,94	
Despoeiramento	37,00	2	45.909,60	3,95	505.005,60	43,43	
	75,00	2	93.060,00	8,00	1.023.660,00	88,03	
	55,00	2	68.244,00	5,87	750.684,00	64,56	
	SubTotal		207.213,60	17,82	2.279.349,60	196,02	
Etar	5,00	2	6.204,00	0,53	68.244,00	5,87	
	SubTotal		6.204,00	0,53	68.244,00	5,87	
Torres	15,00	2	18.612,00	1,60	204.732,00	17,61	
	11,00	2	13.648,80	1,17	150.136,80	12,91	
	SubTotal		32.260,80	2,77	354.868,80	30,52	
Furo água	5,50	2	6.824,40	0,59	75.068,40	6,46	
	1,50	2	1.861,20	0,16	20.473,20	1,76	
	SubTotal		8.685,60	0,75	95.541,60	8,22	
Total			418.149,60	35,96	4.599.645,60	395,57	

#### 4.5.5. AR CONDICIONADO

O princípio de funcionamento dos ar-condicionado resume-se a “absorver a energia de um local e libertá-la noutra local”, sendo necessário fornecer trabalho ao sistema, que consome electricidade. Este processo é conseguido através de uma unidade interior e outra exterior, assim como um conjunto de tubagens para interligar as unidades, onde circula o líquido refrigerante.

Na SONAFI estão presentes dois tipos de ar-condicionado, uns que somente produzem frio, sendo aqueles que estão presente nos quadros eléctricos, onde o seu princípio de funcionamento é o mesmo de uma máquina frigorífica. Nos gabinetes, encontra-se uma bomba de calor reversível, ou seja o equipamento funciona como bomba de calor quando se pretende aquecer, e como, uma máquina frigorífica quando o objectivo é arrefecer.

A tabela 26 apresenta os consumos médios de electricidade dos equipamentos de ar-condicionado.

Tabela 26 – Consumos médios de Electricidade dos Ar Condicionado

		Consumos de Ar Condicionado					
	Pot. N. (KW)	Qty	Mensal		Anual		
			kWh	tep	kWh	tep	
<b>Quadros Fundição</b>	1,55	3,00	5.777,16	0,50	63.548,81	5,47	
	<b>SubTotal</b>		5.777,16	0,50	63.548,81	5,47	
<b>Gabinetes</b>	1,55	1,00	1.925,72	0,17	21.182,94	1,82	
	1,46	1,00	1.811,57	0,16	19.927,25	1,71	
	2,94	1,00	3.647,95	0,31	40.127,47	3,45	
	1,40	1,00	1.737,12	0,15	19.108,32	1,64	
	1,65	2,00	4.094,64	0,35	45.041,04	3,87	
	1,38	1,00	1.706,10	0,15	18.767,10	1,61	
	12,30	1,00	15.261,84	1,31	167.880,24	14,44	
	1,77	1,00	2.196,22	0,19	24.158,38	2,08	
	1,32	2,00	3.275,71	0,28	36.032,83	3,10	
	0,79	2,00	1.960,46	0,17	21.565,10	1,85	
	1,65	1,00	2.047,32	0,18	22.520,52	1,94	
	2,78	1,00	3.449,42	0,30	37.943,66	3,26	
	<b>SubTotal</b>		43.114,08	3,71	474.254,85	40,79	
<b>Total</b>			<b>48.891,77</b>	<b>4,20</b>	<b>537.809,47</b>	<b>46,25</b>	
<b>Total 50%</b>			<b>24.445,89</b>	<b>2,10</b>	<b>268.904,74</b>	<b>23,13</b>	

#### 4.5.6. SISTEMA DE AR COMPRIMIDO

O ar comprimido poderá ser identificado como uma forma de energia final, sendo usado em diversas máquinas da empresa.

A grandes vantagens desta forma de energia prendem-se com a sua disponibilidade gratuita (o ar existe no ambiente), armazenamento fácil, elevado factor de segurança, e ser facilmente controlado.

Contudo os equipamentos de ar comprimido são consumidores de energia eléctrica tendo um carácter de extrema importância na optimização do processo produtivo e na diminuição dos custos energéticos.

O sistema de ar comprimido presente na SONAFI, contempla três compressores Atlas Copco rotativos de parafuso lubrificado, com as referências:

- GA 200 (figura 42)
- GA 160
- GA 90 VSD



**Figura 42** – Compressor Atlas Copco série GA 200

As características principais dos compressores vêm descritas na tabela 27.

**Tabela 27** – Características principais dos compressores

Características Principais				
		GA 90 VSD	GA 160	GA 200
Condições de Referência	Pressão de admissão absoluta	1 bar	1 bar	1 bar
	Humidade Relativa do ar de admissão	0%	0%	0%
	Temperatura do ar de admissão	20 °C	20 °C	20 °C
	Pressão de operação normal	7 bar	7 bar	7 bar
Limitações	Pressão máx. de operação	7,5 bar	7,5 bar	7,5 bar
	Pressão min. de operação	4 bar	4 bar	4 bar
	Temperatura máx. De operação	40 °C	40 °C	40 °C
	Temperatura min. De operação	0 °C	0 °C	0 °C
Características de funcionamento	Velocidade do veio do motor	1490 r.p.m.	1490 r.p.m.	1490 r.p.m.
	Nível de ruído médio	73 dB	71 dB	75 dB
	Volume de ar livre a 7 bar	38-285 l/s	505 l/s	605 l/s
	Número de andares de compressão	1		1
Motor Eléctrico	Potência	90kWh	160 KWh	200 KWh
	Velocidade	1485 r.p.m.	1485 r.p.m.	1485 r.p.m.
	Rendimento	96,30%	96,30%	96,30%
	Isolamento	Classe F	Classe F	Classe F

O consumo médio dos compressores vem tabulado na tabela 28, tendo sido obtidos através do número de horas que estes trabalham em carga.

Tabela 28 – Consumos médio dos Compressores

Consumos dos Compressores								
	Pot. N. (kWh)	Qty	Mensal			Anual		
			kWh	MWh	tep	kWh	MWh	tep
<b>GA 200</b>	200	1	31.376,54	31,37	2,7	345.142,08	345,14	29,68
<b>SubTotal</b>			31.376,54	31,37	2,7	345.142,08	345,14	29,68
<b>GA 160</b>	160	1	25.101,24	25,1	2,16	276.113,65	276,13	23,74
<b>SubTotal</b>			25.101,24	25,1	2,16	276.113,65	276,13	23,74
<b>GA 90</b>	90	1	14.119,46	14,12	1,22	155.313,92	155,31	13,35
<b>SubTotal</b>			14.119,46	14,12	1,22	155.313,92	155,31	13,35
<b>Total</b>			<b>70.597,24</b>	<b>70,59</b>	<b>6,06</b>	<b>776.569,65</b>	<b>776,58</b>	<b>66,79</b>

O ar comprimido produzido é transportado e distribuído pelos diversos sectores da empresa através de uma rede de distribuição.

Para se evitar a ocorrência de excessivas perdas de carga e fugas, a rede deverá ter a mínima extensão possível, assim como o diâmetro das condutas adequado.

As redes de distribuição deverão ser dimensionadas para que nunca ocorra uma perda de carga maior do que 0,5 bar entre o compressor e o ponto de consumo mais afastado. (14)

As perdas de carga são o reflexo da resistência à passagem do ar por determinados elementos, onde se destacam os seguintes: (14)

- A velocidade na secção da conduta
- As uniões
- As soldaduras
- A rugosidade do interior das condutas
- As curvas e os ângulos da rede
- Os acessórios
- As válvulas

Por seu lado as perdas de carga ao longo de uma rede de distribuição afectam consideravelmente o rendimento da instalação, como se poderá perceber através da equação 8, que evidencia o acréscimo do consumo de energia que um compressor tem que suportar para conseguir manter uma pressão na rede suficiente para vencer as perdas de carga existentes ao longo da rede.

$$\Delta E = \left( \frac{\log P_2}{\log P_1} - 1 \right) \times 100 \quad \text{Equação 8 (15)}$$

Onde:

$P_1$ - Pressão absoluta de descarga do compressor para uma perde de carga mínima

$P_2$ - Pressão absoluta de descarga do compressor para uma perde de carga máxima

**Tabela 29** – Comprimentos Equivalentes de acessórios de ar comprimido para o cálculo da perda de carga (12)

Comprimento Equivalente (m)		Diâmetro do tubo (mm)									
Componente		25	40	50	80	100	125	200	250	300	400
<b>Válvula</b>	Bola	0,3	0,5	0,6	1	1,3	1,6	1,9	2,6	3,9	5,2
	Diafragma	1,5	2,5	3	4,5	6	8	10	-	-	-
	Ângulo	4	6	7	12	15	18	22	30	36	-
	Poppet	7,5	12	15	24	30	8	45	60	-	-
	Flap	2	3,2	4	5,4	8	10	12	16	24	32
<b>Curva</b>	R=2d	0,3	0,5	0,6	1	1,2	1,5	1,8	2,4	3,6	4,8
	R=d	0,4	0,5	0,8	1,3	1,6	2	2,4	3,2	4,8	6,4
	90°	1,5	2,4	3	4,5	6	7,5	9	12	18	24
<b>"T"</b>	T.-flow	0,3	0,4	1	1,6	2	2,5	3	4	6	8
	Side-flow	1,5	2,4	3	4,8	6	7,5	9	12	18	24
	Redutor	0,5	0,7	1	2	2,5	3,1	3,6	4,8	7,2	9,6

As velocidades admissíveis nas linhas têm valores normais compreendidos entre 6 a 10 m/s, que são suficientemente baixos para não criar sucessivas perdas de carga e dificultar a separação da água. Nos ramais de tubagem curtos admitem-se maiores velocidades porque, sendo curtos, não produzem uma excessiva queda de pressão. (14)

A perda de carga pode ser calculada segundo a seguinte fórmula:

$$\Delta P = \frac{L \times 450 \times Q_c^{1,85}}{d^5 \times P} \quad \text{Equação 9 (16)}$$

Onde:

$\Delta P$  - Perda de carga (bar)

$L$  – Comprimento do tubo de distribuição (m)

$Q_c$  - Caudal de ar (l/s)

$d$  – Diâmetro interno do tubo (mm)

$P$  - Pressão absoluta na saída do compressor (bar)

Não foi possível calcular a perda de carga de toda rede da empresa, devido à dificuldade de se monitorizar o caudal de ar comprimido.

Como o ar comprimido contém humidade, deve-se colocar todos os troços da distribuição com uma inclinação igual ou superior a 0,5% munido de purgadores, para tornar possível a purgação da água condensada.

Sabendo que o ar comprimido é um fluido de elevado consumo energético tipicamente superior a 100 kWh por 1000 Nm<sup>3</sup>, as suas fugas são de extrema importância, sabendo no entanto que a sua eliminação total é de todo impossível. Um valor de 10% de fugas é um valor tido como razoável para as perdas existentes numa rede. (14)

Na tabela 30 estão quantificadas as perdas em m<sup>3</sup>/min de orifícios de fuga com diversos diâmetros em função da pressão.

**Tabela 30** – Perdas de ar devido a orifícios de fuga em função da pressão

Diâmetro do furo (mm)	Perda a 4 bar (m <sup>3</sup> /min)	Perda a 6 bar (m <sup>3</sup> /min)	Perda a 7 bar (m <sup>3</sup> /min)	Perda a 8 bar (m <sup>3</sup> /min)	Perda a 10 bar (m <sup>3</sup> /min)
1	0,01	0,06	0,07	0,09	0,1
2	0,16	0,25	0,28	0,33	0,62
3	0,4	0,57	0,64	0,73	0,9
4	0,72	1	1,13	1,29	1,57
5	1,12	1,57	1,77	2	2,44
6	1,6	2,27	2,54	2,86	3,28

O caudal de fugas de uma instalação pode ser calculado através da equação 10.

$$Q_f = V_r \times \frac{Pa - Pe}{t} \quad \text{Equação 10 (16)}$$

Onde:

$Q_f$  - Caudal de fugas (m<sup>3</sup>/min)

$V_r$  - Volume do reservatório (m<sup>3</sup>)

$Pa$  - Pressão máxima (bar)

$Pe$  - Pressão mínima (bar)

$t$  - Tempo de queda do diferencial (min)

Não foi possível em tempo útil calcular o caudal de fugas existente na instalação, pois para tal seria necessário interromper toda a produção, para assim se proceder à paragem e arranque do compressor, tornando possível monitorizar a pressão máxima, a pressão mínima e o tempo de queda do diferencial.

# 5

## Propostas de eficiência energética

### 5.1. CICLO TARIFÁRIO DA ENERGIA ELÉCTRICA

Após se ter efectuado o levantamento das facturas de electricidade dos últimos 3 anos e de acordo com o tarifário de venda de energia eléctrica, analisou-se os diferentes períodos horários, sendo eles, o ciclo diário (tabela 6) e o ciclo semanal (tabela 7).

As figuras Figura 43, Figura 44 e Figura 45 representam a distribuição das tarifas pelos ciclos

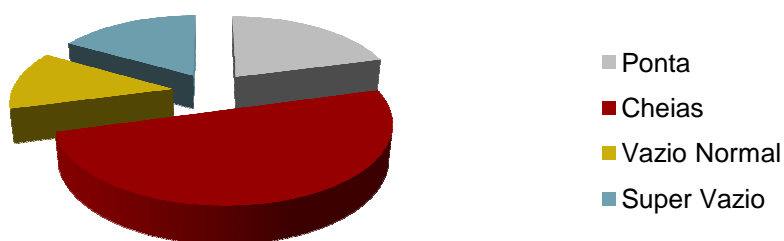


Figura 43 - Ciclo Semanal Inverno

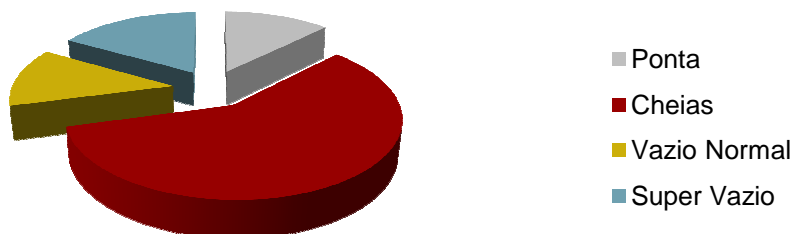


Figura 44 - Ciclo Semanal Verão

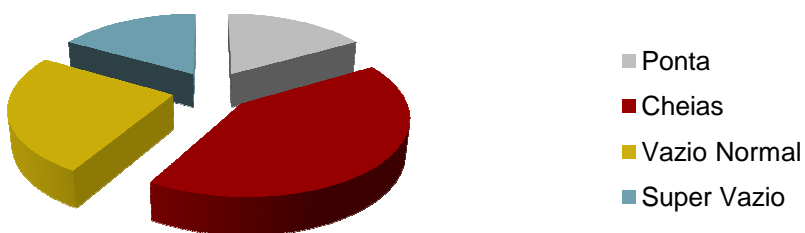


Figura 45 - Ciclo Diário

Pela análise da tabela 31, pode-se perceber a intensidade dos custos da energia activa nos diferentes ciclos propostos pela empresa fornecedora de electricidade da SONAFI.

Actualmente a SONAFI celebra um contrato com a Endesa para fornecimento de energia eléctrica segundo o tarifário do ciclo semanal. Contudo após verificação das facturas de energia dos últimos três anos, observa-se pela análise da tabela 31 que a troca do ciclo semanal, para o ciclo diário, traria uma redução da factura da energia eléctrica de 5% no período de inverno e 11% no período de verão, sem qualquer custo para a Soanfi.

**Tabela 31** – Análise do Custo da Energia Activa por cada Ciclo

	Ciclo Semanal			Ciclo Diário	
	Tarifa	Inverno	Verão	Inverno	Verão
Ponta	0,064667	14.407,80 €	8.644,68 €	11.526,24 €	11.526,24 €
Cheias	0,062566	83.406,34 €	97.307,39 €	69.505,28 €	69.505,28 €
Vazio Normal	0,054713	11.030,39 €	11.030,39 €	22.060,77 €	22.060,77 €
Super Vazio	0,047756	8.145,92 €	8.145,92 €	8.145,92 €	8.145,92 €
	Total Mensal	116.990,44 €	125.128,38 €	111.238,21 €	111.238,21 €
	Redução Mensal	-	-	5.752,23 €	13.890,17 €
	Porcentagem			5%	11%
	Poupança			63.274,52 €	152.791,83 €

## 5.2. MOTORES ELÉCTRICOS

Os motores presentes na SONAFI para bombagem e ventilação estão sobredimensionados devido a estarem sujeitos a uma utilização sistemática e a factores de segurança. Assim a implementação de variadores electrónicos de velocidade terão sem dúvida um papel extremamente relevante na economia directa de energia, através da regulação da velocidade do motor com ajuste às necessidades do processo.

### 5.2.1. CARACTERIZAÇÃO DOS VEV'S

Os variadores electrónicos de velocidade (VEV's) vieram alargar substancialmente a gama de aplicações em que é vantajosa a variação de velocidade dos motores de corrente alterna. Além da possibilidade de regulação de velocidade, os VEV's também chamados fontes de frequência variável substituem, com enormes vantagens todos os sistemas até agora utilizados para o arranque dos motores de indução. Normalmente estes aparelhos convertem a frequência (50 Hz) e a tensão fixa da rede, em valores ajustáveis, apropriados às características do motor. (12)

A expressão que traduz a velocidade em função da frequência é a seguinte:

$$V = \frac{60 \times F}{P} \quad \text{Equação 11 (12)}$$

Onde:



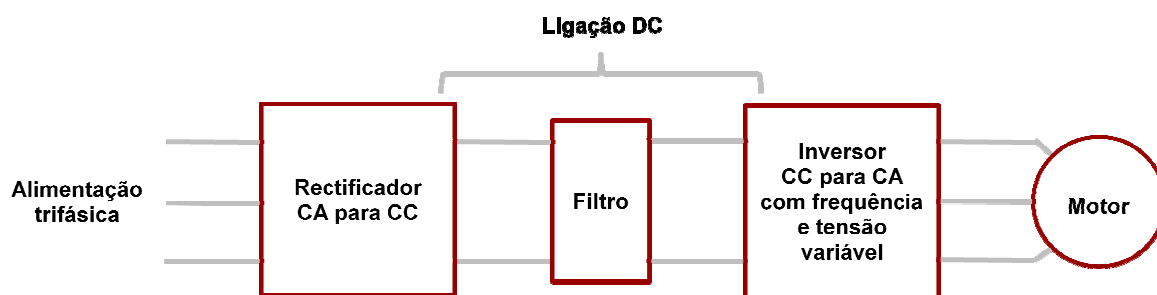
$V$  – Velocidade (r.p.m.)

$F$  – Frequência

$P$  – Número de pares de pólos

Sendo ( $P$ ) constante (definido pelo construtor), o variador de frequência controla a frequência ( $F$ ) e a tensão aplicada ao motor, obtendo assim a velocidade ( $V$ ) que é proporcional ao valor da frequência.

Por norma os VEV's convertem a tensão da rede numa tensão contínua e em seguida sintetizam uma frequência variável sob controlo externo do utilizador que pode ir de 0 a 150 Hz consoante o tipo de aplicações. (12)



**Figura 46** – Diagrama de um VEV's

A figura 46, mostra que no andar da entrada a alimentação trifásica é convertida em tensão contínua, seguindo-se um andar de filtragem. No andar de saída um inversor converte a tensão contínua numa tensão trifásica de frequência e amplitude ajustáveis.

Sendo a velocidade do motor proporcional à frequência de saída de modo que o ajuste de frequência permite controlar a velocidade do motor. Quando se pretende que o binário máximo permaneça constante quando a velocidade varia, a amplitude da tensão produzida varia linearmente com a frequência, excepto a baixa velocidade, em que a tensão é subida para compensar a queda de tensão resistiva no motor. (12)

O rendimento dos VEV's deve ser entendido como um rendimento global do conjunto inversor + motor, que é o produto dos rendimentos individuais dos dois. Na generalidade das situações o valor registado para a velocidade e a carga nominais oscila entre os 80 e os 90%. (12)

As cargas de bombagem, por exemplo, nas quais as necessidades em binário decrescem com a velocidade, fazem baixar drasticamente o rendimento dos VEV's. Isto acontece porque em situação de baixa velocidade e binário reduzido tanto o motor como o inversor funcionam com rendimentos pequenos. O VEV pode chegar a valores de rendimento da ordem dos 15% para 20% da velocidade, mas a esta velocidade uma bomba não desenvolve mais do que 1% da potência nominal de saída. (12)

A rentabilização da utilização de VEV's no controlo de caudais está sobretudo dependente do número de horas de funcionamento da instalação, do regime de carga e da potência em jogo. O custo por kW dos VEV's diminui à medida que a capacidade aumenta. (12)

No caso específico dos ventiladores é possível se obter ganhos na ordem dos 40 a 50% no consumo de electricidade. (12)

Por seu turno a aplicação de VEV's nos sistemas de bombagem são de carácter preferencial, pois um sistema que se destina a debitar um certo caudal e a vencer uma determinada altura é normalmente sobredimensionada em termos de qualquer daquelas variáveis, para que a instalação venha a funcionar em segurança. A altura a vencer pelo caudal bombado é determinada por excesso porque a parcela devida a eventuais perdas de carga por fricção nas tubagens é obtida com o auxílio de coeficientes já de si tendentes ao sobredimensionamento, sendo no fim atribuída ainda uma percentagem adicional para aumentar a segurança do cálculo. Como resultado desta prática comum acontece que tanto o caudal como a altura são sobredimensionados no projecto, pelo que a curva real de funcionamento do sistema passa a funcionar com alturas menores para o mesmo caudal, e a bomba escolhida só poderá funcionar nas condições de referência desde que haja um processo de introdução de perdas por atrito adicionais, o que é normalmente conseguido com válvulas de estrangulamento de caudal. (12) Tal como acontece nas bombas da rede de arrefecimento das máquinas da SONAFI, onde existe à saída das bombas estranguladores que anularão o efeito de cavitação<sup>12</sup>.

### 5.2.2. PRINCIPAIS BENEFÍCIOS DOS VEV'S

As vantagens proporcionadas pela aplicação de VEV's em motores eléctricos são as seguintes: (12)

- Economias de energia até 50% ou um valor médio de 20 a 25%
- Redução das pontas de potência, proporcionada pelos arranques suaves que permitem efectuar
- Prolongamento da duração do motor
- Melhoria do factor de potência, com reflexo nos  $\cos\phi$  da instalação e consequente redução da energia reactiva
- Aumento da produtividade
- Capacidade de “by-pass” perante falhas do variador
- Amplas gamas de velocidade, binário e potência
- Melhoria do processo de controlo e portanto da qualidade do produto

### 5.2.3. ORÇAMENTO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE VEV'S

Na tabela 32 é proposto a implementação de VEV nos motores presentes na SONAFI, indicando-se o custo do investimento e o tempo de “payback<sup>13</sup>”, ou seja o tempo necessário para que o investimento seja recuperado em virtude da poupança de energia resultante da aplicação de VEV's.

<sup>12</sup> Cavitação - Fenómeno de vaporização de um líquido pela redução da pressão, durante seu movimento

<sup>13</sup> “Payback” – Tempo de retorno do investimento

Tabela 32 – Orçamento para a colocação de VEV's

<b>Orçamento para a colocação de VEV</b>				
	Pot. (kW)	Qty	Preço Unit. (€)	Preço Total. (€)
<b>Circuito Água</b>	18,5 - 22	4	1.046	4.184
	7,5 - 11	4	669	2.676
	Economização (€)			<b>10.350</b>
	Investimento SubTotal (€)			<b>6.860</b>
	Payback SubTotal (anos)			<b>0,7</b>
<b>Despoeiramento</b>	30 - 37	1	1.774	1.774
	55 - 75	1	3.388	3.388
	45 - 55	1	2.704	2.704
	Economização (€)			<b>13.094</b>
	Investimento SubTotal (€)			<b>7.866</b>
	Payback SubTotal (anos)			<b>0,6</b>
<b>Torres</b>	11 15	1	758	758
	7,5 - 11	1	669	669
	Economização (€)			<b>2.039</b>
	Investimento SubTotal (€)			<b>1.427</b>
	Payback SubTotal (anos)			<b>0,7</b>
	Economização (€)			<b>25.483</b>
	Investimento Total (€)			<b>16.153</b>
	Payback (anos)			<b>0,6</b>

### 5.3. AR COMPRIMIDO

Depois de efectuado todo o levantamento topográfico da rede de ar comprimido (Anexo E) foi possível observar algumas falhas existentes, passíveis de serem modificadas. As propostas serão apresentadas segundo duas directrizes, uma primeira no sentido da utilização racional de energia de manutenção, e uma outra para a aquisição de equipamentos que visam a redução da energia consumida pelos compressores.

#### 5.3.1. GESTÃO DE CONSUMOS

Quando uma central compressora é formada por várias unidades, é imperioso que o funcionamento total seja gerido de forma equilibrada, tendo em vista um aproveitamento energético tão económico quanto possível.

Tal como qualquer outro motor eléctrico, não se deve descorar a importância do arranque do compressor, pois este representa momentaneamente, um consumo de energia eléctrica considerável, bem como é de todo desejável evitar o arranque dos três compressores ao mesmo tempo, para reduzir assim o pico momentâneo de corrente.

Para a gestão de consumos poderão aplicar-se dois tipos de metodologia distintos: Por diferencial de pressão, ou por selector de sequência de arranque. (15)

É proposto juntar o melhor dos dois mundos, aproveitando todas as potencialidades das duas metodologias.

Sendo o primeiro método o mais simples, ele é caracterizado pela gestão da pressão de funcionamento distinta de cada um dos compressores presentes no grupo, laborando sempre com o mesmo diferencial de pressão, por exemplo de 0,6 bar. (15)

Deve-se então distinguir os diferentes índices presentes:

$P_{v1}$  – **Pressão de Vazio** – nível de pressão correspondente à entrada em vazio do compressor nº 1 (15)

$P_{c3}$  – **Pressão de Carga** – valor da pressão a que corresponde a entrada em carga no compressor nº 3 (15)

Logo que as três unidades estejam funcionar em pleno, o compressor número 3 entra em vazio assim que a pressão no reservatório atinja 7,6 bar ( $P_{v3}$ ). (15)

Caso a unidade três permaneça em vazio para além de um tempo pré-determinado (por exemplo 5 minutos) o sistema automaticamente o faz parar. (15)

Admitindo que a pressão no reservatório continua a subir, então, uma vez atingido o valor de 7,9 bar ( $P_{v2}$ ) o compressor número 2 entra em vazio. (15)

Convém notar que a unidade nº 1 opera entre os 7,6 e os 8,2 bar, para assim se poder garantir uma pressão efectiva de 7 bar.

A implementação da segunda metodologia prende-se com a sequência de arranque dos compressores, funcionando sob a mesma perspectiva que a anterior mas juntando a possibilidade de o arranque de cada um dos compressores seja feito com ordens distintas, ou seja poderá o arranque ser efectuado segundo 1-2-3, 2-3-1, 3-1-2, etc., etc. (15)

A alteração da sequência de arranque vai impedir que haja uma unidade com muito menos horas de serviço que todas as outras. Está provado que uma distribuição mais equitativa de cargas produz benefícios de toda a ordem. (15)

No capítulo 7 é sugerido um modelo de gestão dos compressores.

### 5.3.2. MEDIDAS DE UTILIZAÇÃO RACIONAL DE ENERGIA DE MANUTENÇÃO

Deverá efectuar-se um plano anual de manutenção (acção, responsável, periodicidade, data de execução, etc.) de toda a rede de distribuição de ar comprimido onde se deverá verificar os seguintes itens:

- Válvulas reguladoras de pressão
- Filtros de ar e óleo
- Lubrificantes
- Secadores
- Purgadores de condensados
- Qualidade do óleo (se está de acordo com as especificações do fabricante)
- Verificação de fugas
- Substituir partes de equipamentos geradoras de fugas
- Cortar a alimentação de máquinas fora de serviço

### 5.3.3. REDUÇÃO DE FUGAS

Sabendo que as fugas de ar comprimido representam um acréscimo do consumo anual de electricidade com elevada expressão, é sugerido que se crie um programa que vise inspeccionar toda a instalação de seis em seis meses.

Medidas de optimização para eliminação de fugas de ar comprimido:

- Seccionar (automaticamente ou manualmente), periodicamente as tubagens que não estejam a abastecer consumidores de ar comprimido
- Instituir um programa regular de verificação de fugas
- Reduzir fugas com adaptadores de fugas reduzidas e uniões rápidas de elevada qualidade
- Usar purgadores de condensados do tipo “sem perdas de ar”
- Substituir os encaixes rápidos de ar comprimido que estão danificados

### 5.4. ILUMINAÇÃO

Depois do levantamento de todas as lâmpadas existentes na SONAFI, conclui-se que grande parte da iluminação das secções de produção, é constituída por armaduras de lâmpadas tipo fluorescente T8 com balastro ferro magnético, que são pouco eficientes. Esta iluminação funciona normalmente 24 horas por dia durante todo ano. Assim, com o intuito de uma melhoria de rendimento energético, surge a opção da substituição por lâmpadas de Led<sup>14</sup>, que são ligadas directamente aos 230 Vac, pelo que basta um shunt<sup>15</sup> ao balastro existente e a substituição da lâmpada. A figura 47 apresenta uma imagem da lâmpada led.



**Figura 47** – Lâmpada LED (24)

Fazendo uma pesquisa dos materiais presentes no mercado e analisando os que mais se adequavam à realidade da SONAFI, propõe-se a seguinte substituição, que consta na tabela 33.

<sup>14</sup> Led - diodo semiconductor (junção P-N) que quando energizado emite luz visível por isso LED (Diodo Emissor de Luz) (26)

<sup>15</sup> Shunt – Dispositivo que permite que a corrente eléctrica passe por um outro ponto, tipo by-pass

**Tabela 33** – Estudo da viabilidade da substituição das lâmpadas existentes

<b>Área Fabril</b>		
	<b>Lâmpada Actual</b>	<b>Lâmpada Proposta</b>
Tipo	Fluorescente	Led
Modelo	T8 - 58W	19W
Nº de Lâmpadas	1258	1258
Pot. Nominal (W)	58	19
Int. Luminosa (lm)	1667	1900
Vida útil (anos)	1,1	5,7
Consumo Anual (kWh/ano)	995.871,04	326.233,63
Redução do Consumo kWh/ano		669.637,41
Redução do Consumo (€)		21759,778
Custo da Lâmpada (€/uni)	3,4	84
Investimento Total (€)		105.672,00
Playback		4,9
<b>Projecto a 5 anos</b>		
Consumo do Projecto (kWh)	4.979.355,22	326.233,63
Substituição de Lâmpadas (€)	19.441,82	0
<b>Custo do Projecto (€)</b>	<b>160.770,75</b>	<b>114.931,48</b>
<b>Poupança (€)</b>		<b>45.839,27</b>
<b>Poupança %</b>		<b>28,50%</b>

Pode-se verificar que num projecto a cinco anos enquadrado no PRCE existe uma significativa redução dos custos na ordem dos 28,5% com a implementação de lâmpadas led em toda a fábrica.

Ainda no âmbito da redução dos custos de energia da iluminação, é proposto a implementação da instalação de sensores de presença em áreas com menor utilização, e com pouca utilização contínua, sendo as que mais se adequam a este perfil as instalações sanitárias e o armazém de manutenção.

Na figura 48 apresenta-se um estudo da viabilidade dos sensores de iluminação ECP Ls360TE.

**Figura 48** – Sensor de Luz (23)

Tabela 34 – Sensores de Iluminação

Sensores de Iluminação		
WC 1 (x2)	Área Instalação Sensores (m2)	192
	Energia Consumida sem sensor (kWh/ano)	608,26
	Área Captação Sensor (m2)	19,6
	Nº de Sensores (uni)	10      5 por WC
WC 2 (x2)	Área Instalação Sensores (m2)	8
	Energia Consumida sem sensor (kWh/ano)	152
	Área Captação Sensor (m2)	19,6
	Nº de Sensores (uni)	2      1 por WC
WC 3 (x2)	Área Instalação Sensores (m2)	24
	Energia Consumida sem sensor (kWh/ano)	114
	Área Captação Sensor (m2)	19,6
	Nº de Sensores (uni)	2      1 por WC
	Preço Sensor (unid) €	10
	Taxa de Ocupação média	20%
	Energia Consumida sem sensor (kWh/ano)	874,26
	Energia Consumida c/sensor (kWh/ano)	174,852
	Poupança Ano (kWh/ano)	699,408
	Poupança Ano (€)	46,65051
	Custo de Investimento €	140
	<b>Payback (anos)</b>	<b>3,0</b>

A implementação de sensores de luz, nos WC tal como a tabela 34 demonstra, torna-se vantajosa, pois o seu tempo “payback” é de apenas 3 anos.

A utilização racional e eficiente dos sistemas de iluminação conduz, a importantes poupanças nos consumos de energia eléctrica.

Outras metodologias poderão ser aplicadas no sentido da eficiência energética, como a sensibilização e educação para o problema, como por exemplo:

- Desligar os sistemas de iluminação nos períodos de paragem, como no almoço, à noite e ao fim-de-semana
- Sensibilizar e dar formação aos colaboradores através de acções de formação e de avisos informativos

## 5.5. TELHADO FABRIL

Os níveis de iluminação natural variam durante o dia e consequentemente com as épocas do ano. A sua utilização como forma de iluminação dos locais de trabalho deverá ser uma

preocupação a ter em conta nos projectos de arquitectura dos edifícios, contudo dado que as instalações da SONAFI possuem mais de 60 anos, este cuidado não foi tido em conta no seu planeamento, assim foi procurado obter uma solução viável para a substituição dos telhados por um material permissivo à luz, tornando possível obter economias de energia significativas.

Contudo, o orçamento pedido a uma empresa, para a construção do novo telhado fabril, não foi entregue até à conclusão deste relatório, apresentando assim apenas as economias geradas com o desligar de oito horas diárias da iluminação em nove dos onze meses de laboração da SONAFI, sendo esta aproximação média sido efectuada tendo em conta os meses de inverno e eventuais dias com menos luminosidade (tabela 35).

**Tabela 35 – Poupança Anual com alteração do telhado**

<b>Poupança Anual com alteração do Telhado</b>		
<b>Fundição 1</b>	Horas de trabalho de Iluminação (horas/dia)	24
	Poupança com Alteração de telhado (horas/dia)	8
	Horas de trabalho de Iluminação (horas/ano)	5808
	Poupança com Alteração de telhado horas/ano)	2640
	Energia Consumida de Iluminação (kWh/ano)	572.459,71
	Poupança na Energia com Alteração de telhado (kWh/ano)	103.720,32
	Poupança na Energia com Alteração de telhado (Euros)	<b>7.001,12</b>
<b>Fusão</b>	Horas de trabalho de Iluminação (horas/dia)	24
	Poupança com Alteração de telhado (horas/dia)	8
	Horas de trabalho de Iluminação (horas/ano)	5808
	Poupança com Alteração de telhado horas/ano)	2640
	Energia Consumida de Iluminação (kWh/ano)	41.283,26
	Poupança na Energia com Alteração de telhado (kWh/ano)	18.765,12
	Poupança na Energia com Alteração de telhado (Euros)	<b>1.266,65</b>
<b>Fundição 2</b>	Horas de trabalho de Iluminação (horas/dia)	24
	Poupança com Alteração de telhado (horas/dia)	8
	Horas de trabalho de Iluminação (horas/ano)	5808
	Poupança com Alteração de telhado horas/ano)	2640
	Energia Consumida de Iluminação (kWh/ano)	92.928,00
	Poupança na Energia com Alteração de telhado (kWh/ano)	42.240,00
	Poupança na Energia com Alteração de telhado (Euros)	<b>2.851,20</b>
<b>TOTAL</b>	Energia Consumida de Iluminação (kWh/ano)	706.670,98
	Poupança na Energia com Alteração de telhado (kWh/ano)	164.725,44
	Poupança na Energia com Alteração de telhado (Euros)	<b>11.118,97</b>



# 6

## Plano de Racionalização

Após realização de uma auditoria energética preliminar que permitiu perceber e distinguir os diversos consumos e consumidores de energia na SONAFI, torna-se agora necessário estabelecer metas anuais de redução dos consumos específicos e definir e sequenciar no tempo as acções de conservação de energia a implementar, que permitam alavancar os objectivos propostos.

Este plano de racionalização está definido de acordo com a sua prioridade:

- Medidas de execução imediata, praticamente sem investimento
- Medidas de execução quase imediata que requerem pequenos investimentos
- Medidas que necessitam de projecto de desenvolvimento a médio e a longo prazo, devido à necessidade de investimentos avultados, mas justificados segundo um plano de amortização

Como tal e segundo o art.º 8º da Portaria 359/82 deverá ser indicado pela SONAFI um responsável pertencente ou não aos quadros da empresa que deverá ter à sua responsabilidade:

- Seguir todas as etapas de execução das medidas consideradas no programa de racionalização
- Controlar os resultados de cada medida tomada pela administração ao nível energético
- Assegurar a continuidade dos planos de racionalização aprovados e os seus consumos
- Estudar as causas eventuais desvios e actuar em conformidade

A execução do plano de racionalização com rigor permite à empresa poder avaliar se as medidas por si implementadas tiveram o contributo previsto, com vista à redução dos consumos energéticos.

### 6.1. ENQUADRAMENTO LEGAL

Conforme já referenciado anteriormente, segundo o disposto no Decreto de Lei Nº 58/82, de 26 de Fevereiro e nas portarias Nº 359/82 de 7 de Abril e Nº 228/90 de 27 de Março, qualquer instalação considerada consumidora intensiva de energia segundo os critérios definidos anteriormente deverá cumprir o RGCE.

Este Regulamento determina que na indústria, nomeadamente a SONAFI, têm como obrigação executar uma auditoria energética e um Plano de Racionalização de Consumos de Energia (PRCE) a cada 5 anos, assim como o controlo de execução do PRCE para cada ano, designado de Relatório de Progresso Anual (RPA).

Através da implementação de medidas de conservação de energia, distribuídas ao longo do período a que se refere o PRCE, procurar-se-ão atingir os consumos específicos calculados e apresentados na tabela 36.

Tabela 36 – Plano de Racionalização a 5 anos

	Ano I	Ano II	Ano III	Ano IV	Ano V
	2009	2010	2011	2012	2013
<b>M</b>	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02
<b>C</b>	0,49	0,48	0,48	0,47	0,47
<b>ET</b>	1.590,67	1.574,60	1.558,53	1.542,46	1.526,40

Onde:

$$K = C = 0,90 \times C \quad \text{Equação 12 (12)}$$

$$M = 0,05 \times C \quad \text{Equação 13 (12)}$$

$$ET = C \times P \quad \text{Equação 14 (12)}$$

Sendo:

*M* – Redução do Consumo de Energia ao fim do ano com a aplicação do PRCE

*C* – CE antes do PRCE

*K* – Valor de Referência

*ET* – Consumos Teóricos de Energia

*P* – Valor da produção no ano Zero

## 6.2. ECONOMIAS DE ENERGIAS GERADAS

A tabela 37, representa as Economias de Energias Geradas, para um PRCE proposto a cinco anos. A ordem escolhida para a implementação das medidas foi delineada segundo o valor de investimento vs “payback”.

Tabela 37 – Economias de Energia geradas

	Ano I	Ano II	Ano III	Ano IV	Ano V
Medida	2009	2010	2011	2012	2013
	kWh/ano	kWh/ano	kWh/ano	kWh/ano	kWh/ano
Introdução de um sistema ES	21.479				
Introdução de VEV's		377.520			
Sensores de presença na iluminação			699		
Introdução de lâmpadas eficientes				284.952	
Alteração do telhado Fabril					164.725

# 7

## Sistemas de Gestão de Energia

Os sistemas de Gestão de Energia têm como função monitorizar, para assim darem uma visão global e real do funcionamento de uma instalação, permitindo analisar e actuar sobre diversas cargas em tempo real.

A sua utilização poderá absorver várias áreas, tais como:

- Optimização dos custos de exploração da instalação e de equipamentos
- Monitorização e controlo dos equipamentos
- Contabilidade Energética
- Auxílio aos serviços de manutenção

Com um sistema de gestão de energia é nos possível estabelecer padrões de consumo reais, e não aproximados como aqueles que foram efectuados no capítulo 4, facilitando assim estabelecer os consumos específicos de cada sector, assim como de cada aparelho, tornando possível a actuação de um supervisor de energia actuar de modo correcto e eficaz na redução dos consumos energéticos.

Com base em toda a informação obtida, é possível criar planos de racionalização específicos e orientados, atribuindo-lhes prioridades de intervenção para os sectores onde se percepçiona a existência de um consumo exagerado. Possibilita também a avaliação de todas as medidas tomadas nos planos de racionalização tornando possível tomar decisões com base em números reais, visando a procura da eficiência energética.

Nos serviços de manutenção os dispositivos de monitorização tornam-se bastante apetecíveis, no sentido de poder controlar os rendimentos dos aparelhos e assim se conseguir perceber através da sua curva de rendimento o comportamento do mesmo, tornando possível aplicar manutenções logo no início do decréscimo do rendimento de um aparelho, fomentando por conseguinte uma curva de produção constante.

Por outro lado um sistema de gestão de energia avançado poderá gerir as cargas existentes na rede, tendo autonomia pré-estabelecida, para que quando haja um pico de consumo, seja possível desligar alguns aparelhos por um determinado período de tempo com vista a inverter a tendência de um determinado pico de consumo a uma determinada hora do dia.

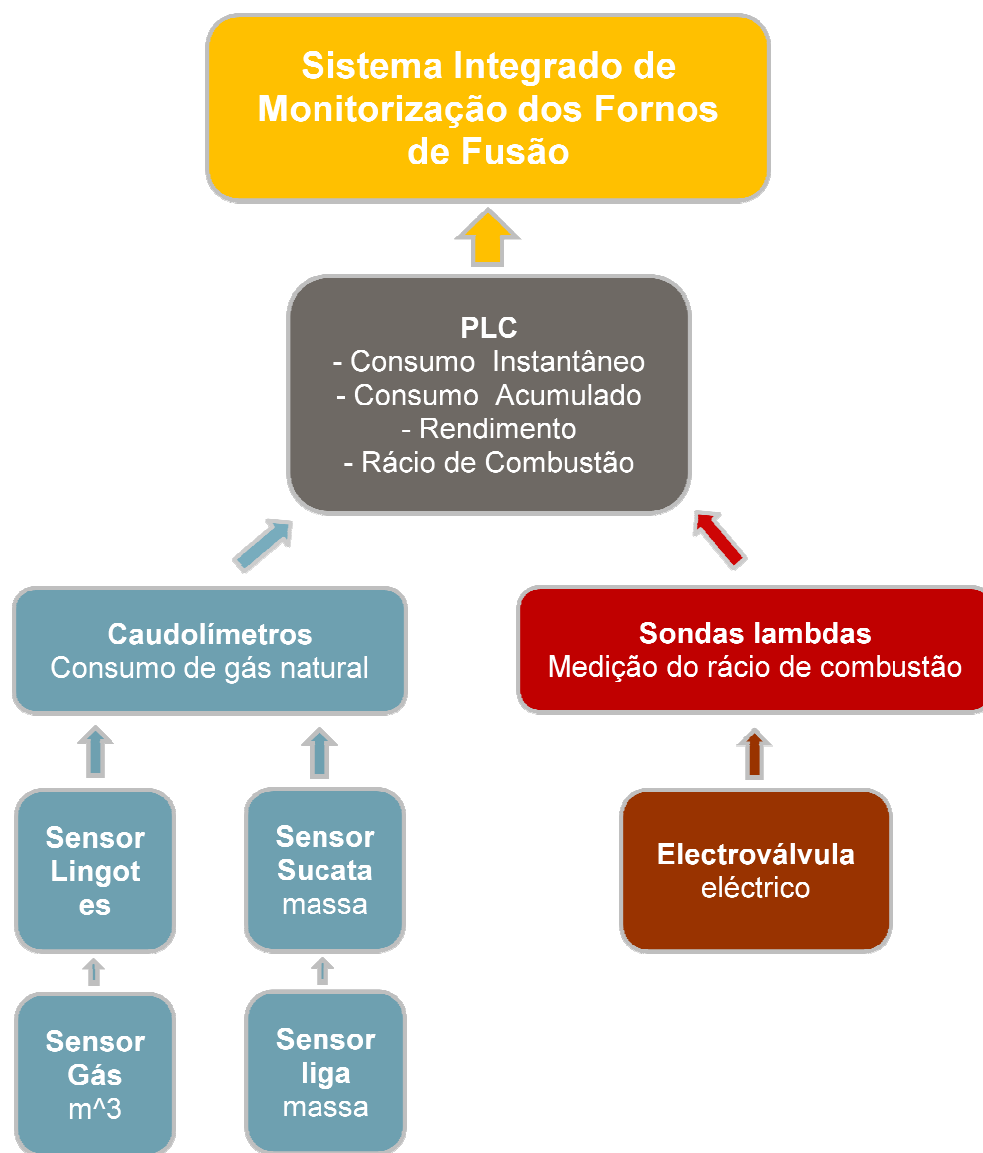
### 7.1. SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO DOS FORNOS DE FUSÃO

O desempenho energético do forno e consequentemente a redução do seu consumo, depende de diversos factores tais como os refractários de isolamento e das suas condições de operação, nomeadamente as condições de operação do sistema de queima através do controlo do valor de excesso de ar.

No âmbito do projecto propõe-se a realização de uma monitorização em tempo real de dois rácios de extrema importância: O rácio de ar na combustão, que permitirá o controlo do sistema de queima através do controlo do ar, e do caudal de gás natural que é injectado no forno através de válvulas de abertura e fecho, e o rendimento do forno, que têm como principal objectivo observar a curva de comportamento do forno ao longo do tempo, e assim

prever algumas avarias, podendo se actuar em conformidade, permitindo manter o forno a operar em condições constantes e próximas do ideal ao longo do tempo.

A figura 49, representa o organigrama de sistema de monitorização dos fornos de fusão.



**Figura 49** – Organigrama do Sistema de Monitorização dos Fornos de Fusão

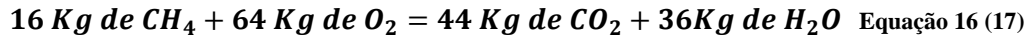
#### 7.1.1. RÁCIO DE AR NA COMBUSTÃO

O rácio de ar na combustão é medido por um dispositivo denominado sonda lambda, sendo este um sensor de  $O_2$  que possui a capacidade de analisar os gases de escape de uma combustão, enviando um sinal eléctrico a uma centralina que depois fará a gestão da combustão.

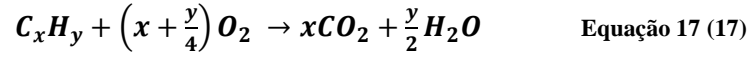
Observando a equação estequiométrica do gás natural (equação 12)



Onde,



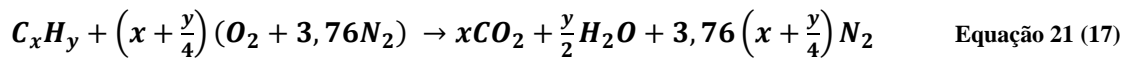
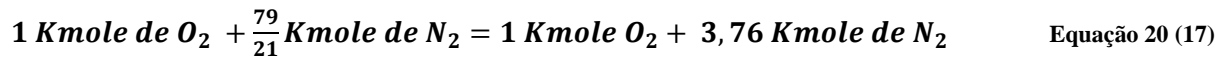
Combustão de Hidrocarbonetos:



Considerando o ar:  $O_2$  (21%) e  $N_2$  (79%), vêm,

$$M_{ar} = 0.21M_{O_2} + 0.79M_{N_2} \quad \text{Equação 18 (17)}$$

$$0.21 \times 32 + 0.79 \times 28.15 = 28.96 \text{ Kg/Kmole} \quad \text{Equação 19 (17)}$$



A mistura do ar – Combustível estequiométrico vem:

$$AC = \frac{m_{ar}}{m_{com}} \quad \text{Equação 22 (17)}$$

$$CA = \frac{m_{com}}{m_{ar}} \quad \text{Equação 23 (17)}$$

Obtendo-se a riqueza da mistura:

$$r = \frac{(CA)}{(CA)_{est}} = \frac{(AC)_{est}}{(AC)} \quad \text{Equação 24 (17)}$$

Onde:

$r > 1$  – mistura rica

$r = 1$  – mistura estequiométrica

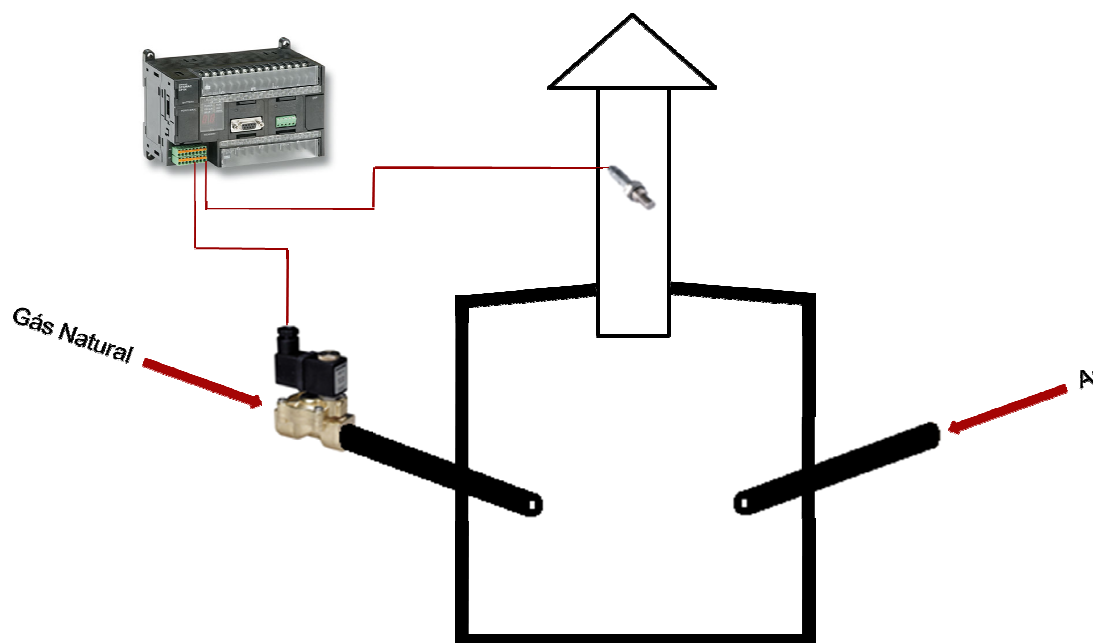
$r < 1$  – mistura pobre

Resumindo, com o auxílio de uma sonda lambda (figura 50), o PLC<sup>16</sup> ou autómato será capaz de gerir o caudal de gás que é injectado no forno de fusão através de uma electroválvula de abertura/fecho variável, permitindo assim obter-se de modo constante uma mistura estequiométrica de ar-gás natural, que terá como finalidade obter um rendimento e um poder calorífico da combustão próximo do ideal, reduzindo assim o consumo de gás natural e as emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera.



**Figura 50** – Sonda Lambda (22)

A figura 51, representa um diagrama esquemático da monitorização do rácio ar-gás natural dos fornos de fusão.



**Figura 51** – Diagrama de monitorização do rácio ar-gás natural do forno de fusão

<sup>16</sup> PLC - Programmable logic controller

**Tabela 38** – Orçamento para monitorização do rácio ar – gás

Tipo	Marca	Preço (€)
Sonda Lambda	ECM	150
PLC	Omron	175
Electroválvula	Actaris	180
<b>Total €</b>		<b>505</b>

A tabela 38 mostra o orçamento para a monitorização do rácio ar-gás natural.

#### 7.1.2. CONSUMO ESPECÍFICO DO FORNO

A ideia de monitorizar o consumo específico do forno em tempo real, prende-se com a necessidade de observar-se a curva característica do rácio de caudal de gás natural consumido por tonelada de liga fundida (CEE), este indicador é importante na medida que torna possível prever e assim corrigir algumas quebras na fusão do alumínio, podendo estas serem fruto da necessidade de manutenção do forno, ou pela necessidade de regulação da alimentação do gás.

A proposta que se apresenta é de implementação simples, possuindo como principal vantagem o facto de não alterar nenhum hábito laboral do colaborador responsável pelo forno.

As balanças 1, 2 e 3 deverão ser colocadas junto à alimentação do forno, para que o colaborador quando coloca o carrinho de alumínio, automaticamente este é pesado, enviando o peso em kg para o PLC 2. A figura 52 demonstra o local de possível colocação das balanças.

**Figura 52** – Localização da balança à saída do forno de fusão

Por seu turno, os caudolímetros medem em tempo real o consumo de gás natural enviando através de impulsos um sinal para o PLC.

De seguida o operador do empilhador que têm como função distribuir a liga fundida pelas vinte e duas máquinas presentes na empresa, deverá efectuar o enchimento da colher de transporte em cada um dos fornos (figura 53), onde no caso dos fornos 1 e 3 estão presentes dois sensores distintos, um que detecta a presença da colher, e um outro que deverá ser actuado quando é pressionada a alavanca de elevação do forno de manutenção para assim suceder a transferência de liga. No forno 2, deverá estar apenas presente um sensor ligado à alavanca de abertura da comporta do forno.

Quando o PLC recebe o sinal de presença e de actuação da alavanca do forno 1 ou 3, fica em alerta, pois de seguida deverá ser pesado na balança 4 a liga fundida do forno 1 ou 3, se o PLC receber o sinal de actuação do sensor da alavanca do forno 2, deverá saber que de seguida irá ser pesado na balança 4 a liga fundida no forno 2.

Se por ventura for detectado apenas um dos dois sinais do forno 1 e 3, o sistema deverá ser capaz de reiniciar.

A operação termina com a desgasificação da liga, onde está presente a balança 4 (figura 54), sendo esta responsável por aferir a quantidade de alumínio fundido que foi retirado dos fornos de fusão.



**Figura 53** – Enchimento da colher de transporte





**Figura 54** - Localização da balança nº 4 na desgaseificação

**Tabela 39** – Orçamento para aquisição de Balanças

<b>Balança</b>	
Modelo	KERN BVP 1.5TO.5SM
Gama de pesagem máx	1500 Kg
Leitura	0,5 Kg
Medidas	1000x1000x125 mm
Saída	RS232
Preço	€ 1.325

Na tabela 39 apresenta-se o orçamento para a aquisição de balanças digitais KERN BVP 1.5TO.5SM (figura 55), que permitem a ligação a um PLC através de uma saída digital RS232.



**Figura 55** – Balança KERN BVP 1.5TO.5SM

Na tabela 40, vem representado o orçamento para a aquisição de caudolímetros da Actaris (figura 56).

**Tabela 40** – Orçamento para aquisição dos caudolímetros

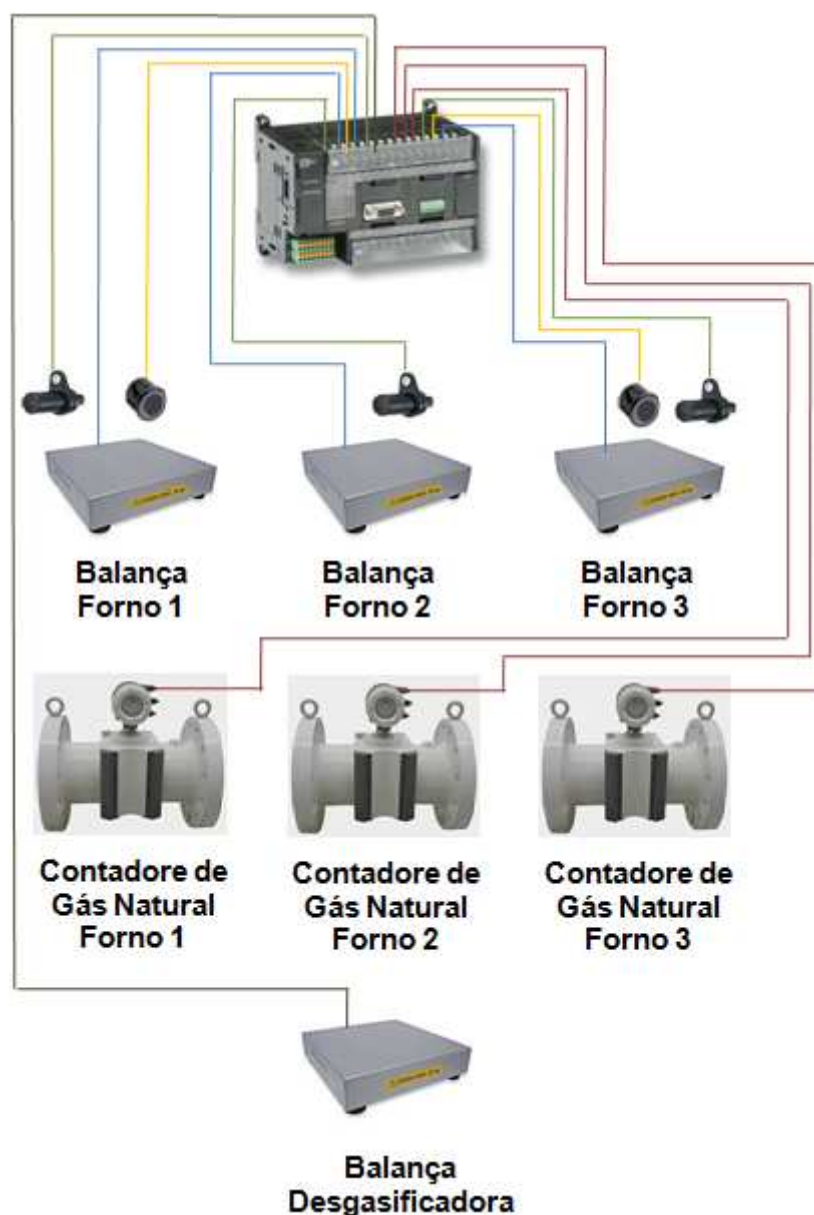
Caudolímetro	
Modelo	Fluxi 2000/TZ - Actaris
Caudal	de 8m <sup>3</sup> /h a 10000 m <sup>3</sup> /h
Pressão de funcionamento	Max 100 bar
Saída	Impulsos (50 mA, 14,3 V)
Preço	3.500 €



**Figura 56** – Caudolímetro Actaris

A figura 57 representa a monitorização do CEE dos fornos de fusão, estando presentes todos os equipamentos necessários para que PLC, seja capaz de apresentar o consumo instantâneo e acumulado de gás natural, sendo este valor obtido directamente do contador presente em cada um dos caudolímetros.

O CEE é calculado através da divisão da quantidade de gás consumida por determinado forno (m<sup>3</sup>) pela quantidade de liga fundida. (massa que entra menos massa que sai).



**Figura 57** – Diagrama de monitorização do CEE dos fornos de fusão

### 7.1.3. SISTEMA INTEGRADO DE MONITORIZAÇÃO DOS FORNOS

O sistema Integrado de Monitorização dos fornos deverá ser o centro de comando da monitorização e regulação. Para construir este sistema, basta a aquisição de um PC munido do software LabView<sup>17</sup> da National Instruments.

A escolha do LabView prende-se com a facilidade implementar as necessidades do projecto na sua plataforma, visto que se trata de um software onde a ligação homem – máquina é bastante simples. A programação do sistema é feita de acordo com o modelo de fluxo de

<sup>17</sup> LabView – Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench

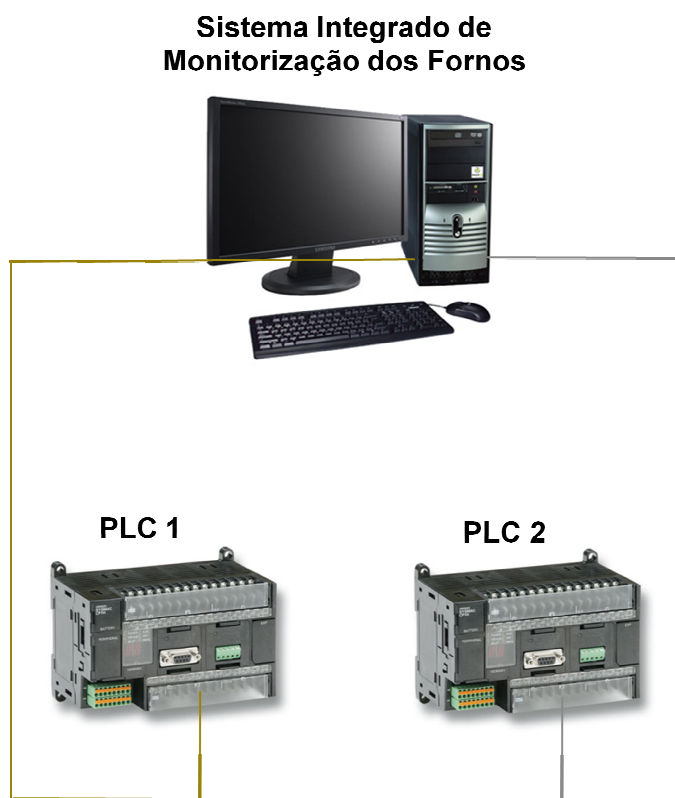
dados, o que oferece a esta linguagem vantagens significativas para a aquisição de dados e a sua manipulação.

Os programas criados em labview são instrumentos virtuais correntemente denominados de VI's<sup>18</sup>, sendo compostos pelo painel frontal, que contém a interface com o utilizador, e pelo diagrama de blocos que possui o código gráfico do programa.

A sua grande vantagem é a não necessidade de escrever qualquer linha de código, pois tudo é processado através da interface gráfica, que torna muito mais simples a tarefa do programador, podendo apresentar como outputs, gráficos, tabelas valores de medida entre muitos outros.

Na figura 58 mostra o diagrama do Sistema Integrado de Monitorização dos Fornos, que não é mais do que um PC que gere todos os dados fornecidos pelo PLC1 e o PLC2, onde depois de tratados será possível apresentar:

- Consumo Instantâneo de Gás Natural
- Consumo Acumulado de Gás Natural
- Consumo Médio de Gás Natural
- Rácio do Consumo de Gás Natural por tonelada de liga fundida
- Curva do rácio Consumo de Gás Natural por tonelada de liga fundida
- Valor da riqueza de combustível em tempo real



**Figura 58** - Sistema Integrado de Monitorização dos Fornos de Fusão

---

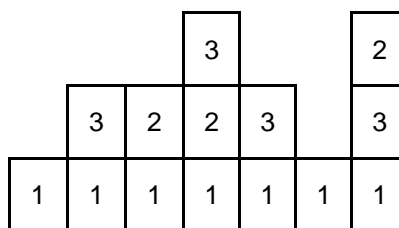
<sup>18</sup> VI's – Virtual Instruments

O custo de aquisição do software labview é de 883 €

## 7.2. GESTOR ENERGÉTICO DOS COMPRESSORES

Para a gestão mais eficiente da unidade de produção de ar comprimido presente na SONAFI, apresenta-se um sistema de optimização energética da rede de ar comprimido.

A ideia de base do funcionamento poderá ser analisada segundo as figuras Figura 59 e Figura 60:



**Figura 59** – Distribuição do consumo de ar comprimido

A figura 59 representa uma possibilidade do consumo de ar comprimido de cada um dos compressores, tornando necessário o arranque de um, dois ou dos três compressores em simultâneo.

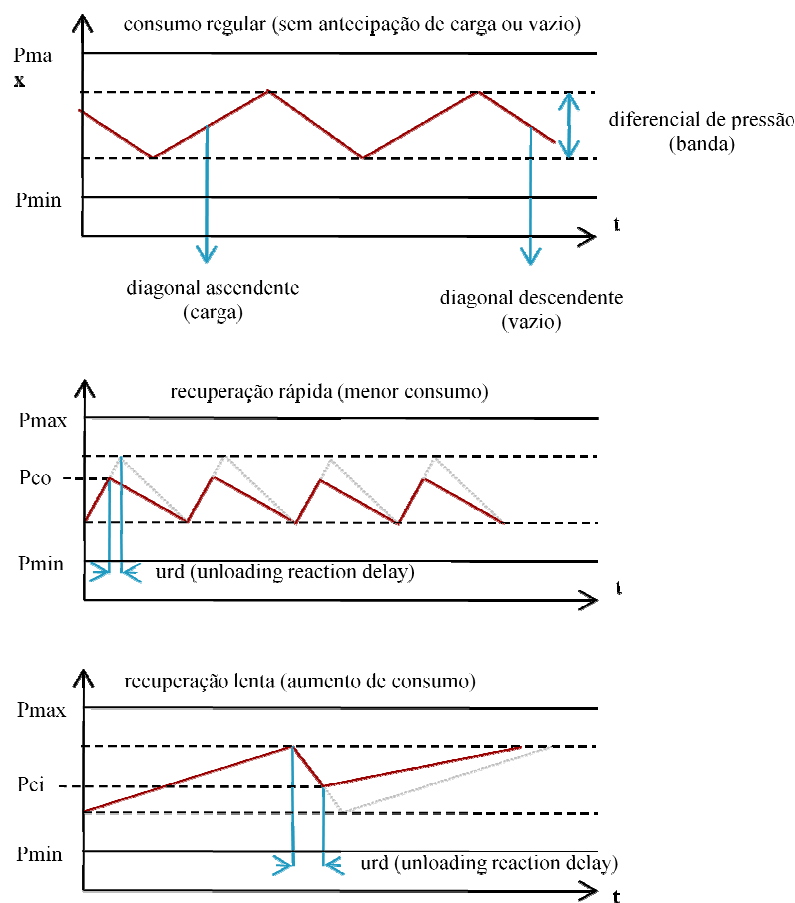
Em consequência da flutuação, o sistema coloca em carga ou em vazio, esta ou aquela unidade, possibilitando mesmo a paragem de uma delas, mas sempre atento para tornar possível gerir a capacidade total em virtude do consumo.

Para que haja um ajustamento tão perfeito quanto possível, o sistema terá a capacidade de se antecipar à entrada de carga ou vazio de qualquer um dos compressores.

Na figura 60, está representado um diferencial entre  $P_{max}$  e  $P_{min}$ , dentro do qual há uma banda de funcionamento. Deste modo, o sistema poderá analisar os tempos de reacção em carga e vazio, representados por diagonais ascendentes e descendentes, respectivamente, podendo determinar o seguinte: (15)

- Se a diagonal ascendente ( $dp/dt$ ) for mais vertical (ou menos inclinada) que o normal tempo de carga é porque a recuperação está a processar-se rapidamente; neste contexto, o consumo é menor e, portanto, não faz sentido “deixar” este ou aquele compressor atingir o pico de carga ( $P_{co}$ ) e assim antecipa o respectivo vazio.
- Se a mesma diagonal possuir menor inclinação, isso deve-se ao aumento de consumo e a recuperação do pico é mais lenta; por este motivo, não se justifica qualquer tipo de antecipação ao regime de vazio.

- No caso da diagonal descendente (tempo de vazio) for também menos inclinada (ou mais vertical) é porque o consumo aumentou e, por isso, será conveniente antecipar o início de carga ( $P_{ci}$ ), antes que seja atingido o limite mínimo de pressão.



**Figura 60** – Banda de funcionamento dos compressores

Assim o sistema efectua permanentemente a velocidade ( $dp/dt$ ) de alteração da pressão de modo a se poder antecipar ou prever no avanço quer da carga quer do vazio em qualquer um dos compressores presentes na instalação.

Um sistema deste tipo poderá executar com exactidão algumas funções tais como (15):

- Comando local ou remoto por computador
- Alteração imediata dos níveis de pressão
- Impede o arranque simultâneo de dois ou mais compressores
- Coloca sempre em serviço a unidade mais ajustada ao consumo
- Quando o grupo é constituído por unidades de capacidade distinta tal como acontece na SONAFI, inicia o regime de carga pela unidade de maior potência

Tendo em conta que os equipamentos existentes na SOANFI são da Atlas Copco, é sugerida a implementação do gestor de energia desenvolvido pela própria marca, denominado de ES.

As características do gestor de energia vêm representadas na tabela 41.

**Tabela 41** – Características do ES 130 da Atlas Copco

<b>Características do ES 130 da Atlas Copco</b>	
Optimização da banda de pressão	+
Paragem e arranque do sistema temporizados	+
Banda de pressão múltipla, controlada por temporizador	+
Activação do modo de espera da unidade por um período temporário	+
Igualização das horas de funcionamento em diversas máquinas	+
Seleccção inteligente da combinação de máquinas, em função do consumo	+
Utilização do VSD para corresponder às variações de caudal	+
Controlo da “zona” VSD	+
Controlo da “zona” Turbo	+

A implementação de um ES 130, foi aconselhada pela visita de um técnico da Atlas Copco, após efectuar uma simulação dos equipamentos presentes na empresa.

Na tabela 42 apresenta-se o estudo da viabilidade do aluguer do sistema ES à Atlas Copco, onde não possui qualquer investimento inicial, sendo celebrado um contrato de aluguer com a Atlas Copco, prevendo efectuar um pagamento anual de um terço do valor poupado com a instalação deste sistema.

**Tabela 42** – Estudo da viabilidade do aluguer do sistema ES

<b>Aluguer do ES</b>	
<b>Redução Anual de Energia (€)</b>	3.333,00
<b>Investimento</b>	0,00
<b>Payback</b>	<b>0,00</b>

Na tabela 43, representa o estudo de aquisição do sistema ES, assim como a “Payback” da aquisição do equipamento.

**Tabela 43** – Estudo da viabilidade da aquisição do sistema ES

<b>Aquisição do ES</b>	
<b>Redução Anual de Energia (€)</b>	5.000,00
<b>Investimento (€)</b>	20.000,00
<b>Payback (anos)</b>	<b>4,00</b>

É de salientar que se a opção recair sobre o aluguer do sistema, esta situação prevê a manutenção do equipamento e a instalação de todas as actualizações do Software, enquanto, que se optar pela aquisição, todos esses serviços deverão ser cobrados.

### 7.3. SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO DOS CONSUMOS DE ELECTRICIDADE

Para monitorização dos consumos de electricidade, apresenta-se uma proposta para a aquisição de um software ACE VISION da Actaris que possui as seguintes funcionalidades:

- Instalação fácil
- Possibilidade de interface com a WEB
- Leitura por contador
- Leitura por grupo de contadores
- Registo do histórico dos consumos de energia
- Medição, diagnóstico e monitorização
- Possibilidade de exportação de dados

Dado que existe na empresa um conjunto de contadores de electricidade digitais, seria possível reaproveita-los, recolocando-os à entrada de cada um dos quadros dos diferentes sectores de laboração, tornando possível a monitorização “on-time” dos consumos de energia eléctrica por sectores.

Com a aquisição de novos contadores tornar-se ia possível a colocação de contadores à entrada de cada máquina, para a monitorização do consumo de energia do equipamento. No Anexo D, apresenta-se uma proposta para a localização dos diferentes contadores digitais de energia eléctrica.

O custo de aquisição do software ACE VISION da Actaris é de €3.902.



# 8

## Conclusão

O trabalho desenvolvido na SONAFI, permitiu concluir que a empresa é considerada uma consumidora intensiva de energia ao abrigo da Portaria nº 359/82 de 7 de Abril, ultrapassando largamente a barreira dos 1000 tep/ano, sendo assim abrangida pelo Decreto-Lei nº 71/2008 que prevê incentivos para a implementação de propostas que visem reduzir o consumo energético das empresas segundo os seus PRCE.

De acordo com a Auditoria Energética preliminar foi possível compreender quais os equipamentos de maior consumo de electricidade e gás natural presentes na empresa, assim como a sua distribuição nos diversos sectores, depreendendo que 58% da energia consumida diz respeito à factura de electricidade onde o sector de *Fundição* é responsável por 45,08% e os *Acabamentos* de 29,48%, sendo o resto repartido pelos ar-condicionado, iluminação, motores eléctricos, entre outros. Os restantes 42% dizem respeito à parcela do consumo de gás natural sendo absorvidos praticamente na sua totalidade pelos fornos de fusão.

Através de uma análise cuidada e detalhada das facturas de electricidade do ano 2008, foi possível concluir que seria benéfico para a empresa alterar o seu contrato de electricidade para o ciclo diário em detrimento do ciclo semanal, visto que as economias previstas se situam na casa dos 5% no período de inverno e 11% no período de verão.

Após reflexão da auditoria energética, foram elaboradas diversas propostas com os respectivos orçamentos e planos de “payback”, procurando sublinhar a eficiência energética. Destaca-se, a inclusão de um sistema de gestão de consumos dos compressores ES 130 da Atlas Copco, que seria responsável pela poupança de 6,5% da energia consumida pelos compressores, da introdução de VEV's nos motores eléctricos presentes na complexa rede de águas da SONAFI, e no despoeiramento visto que após implementação o tempo de retorno do investimento seria apenas de 6 meses. Não tendo sido descurada a iluminação, foram abordadas propostas, para a alteração do telhado fabril que traria uma economia de 23%, valor que inflacionaria com a alteração da iluminação do sector de fundição e fusão com uma redução de 28,51% dos consumos, podendo ainda serem empregues sensores de iluminação nas zonas sanitárias e armazém de manutenção que seria responsável por uma redução de 80%.

Com o intuito de reforçar as poupanças de energia, foram apresentadas propostas para a monitorização dos fornos de fusão que passariam pela gestão electrónica da combustão e da monitorização do CEE dos fornos, assim como o reaproveitamento de alguns contadores de electricidade existentes na empresa que poderiam ser utilizados para gerir toda a electricidade.

Poderemos afirmar que o projecto desenvolvido na SONAFI, evidenciou vantagens significativas na preocupação energética, culminando num *Sistema de Gestão de Energia*, assim como enalteceu de forma positiva e construtiva a minha formação profissional, permitindo consolidar e desenvolver competências técnicas e humanas.



## 9

## Bibliografia

1. **Sonafi S.A.** Intranet Sonafi. [Online] 30 de Março de 2009. <http://ext-server/intranet/empresa.htm>.
2. **Custom Partnet.** *Custom Partnet*. [Online] Custom Partnet, 2009. [Citação: 22 de Junho de 2009.] <http://www.custompartnet.com/wu/die-casting>.
3. [Online] [http://paginas.fe.up.pt/~jcard/publicacoes/tese\\_html/node16.html](http://paginas.fe.up.pt/~jcard/publicacoes/tese_html/node16.html).
4. **Oliveira, Helena.** *Introdução à fundição Injectada*. Porto : Cinfu, 2002.
5. **Comissão das Unidades Europeias.** *Livro Verde*. Bruxelas : s.n., 2005.
6. *Regulamento de Gestão do Consumo de Energia*. Portaria nº 359/82, 7 de Abril.
7. **Quinquilo, José Manuel.** *valiação da Eficácia de um Sistema de Gerenciamento para melhorias Implantado na Área de Carroceria de uma Linha de Produção Automotiva*. São Paulo : Universidade de Taubaté, 2002.
8. **Choo, Chung Wei.** *A organização do Conhecimento*. São Paulo : SENAC, 2003.
9. **Fernandes, Pedro Jorge Dias.** *Sistema de Gestão de Energia da SONAFI*. S. Mamede de Infesta : s.n., 2009.
10. **Endesa.** *Horário dos períodos tarifários*. 2008.
11. —. *Preço dos períodos tarifários*. 2008.
12. **ADENE, Carlos Gaspar -.** *Eficiência Energética na Indústria*. Gaia : ADENE, 2008.
13. **Centro de Formação Profissional da Indústria da Construção Civil e Obras Públicas do Norte.** *Projectista de Redes de Gás*. Avioso : CICCOPN, 2007.
14. **EnergyStar.** *Guidelines for Energy Management Overview*. 2008.
15. **Novais, José.** *Ar Comprimido Industrial*. Lisboa : Fundação Calouste Gulbenkian, 1995.
16. **Glassman, Irvin.** *Combustion*. San Diego : Academic Press, 1996.
17. **Actaris.** Itron. [Online] 2009. [Citação: 2009 de Junho de 22.] <http://www.actaris.com/html/products-33.html>.
18. **CSM GMBH.** *CSM GMBH Innovative Measurement and Data Technology*. [Online] 2009. [Citação: 22 de Junho de 2009.] <http://www.csm-products.com/html/meas/abgas.htm?gclid=CK6s4M7JnZsCFRISzAodNgOB7g>.
19. **ECP.** *ECP Eletromatic Controle e Precisão*. [Online] ECP, 2009. [Citação: 22 de Junho de 2009.] [http://www.ecp.com.br/public\\_html/index2.php?pag=produtos&cod\\_produto=117&subcategoria=7&menu=1](http://www.ecp.com.br/public_html/index2.php?pag=produtos&cod_produto=117&subcategoria=7&menu=1).

20. **Generador Eléctrico.** *Generador Eléctrico*. [Online] Generador Eléctrico, 10 de Dezembro de 2004. [Citação: 22 de Junho de 2009.] <http://generador-electrico.com/tienda/images/LED-Tube-Lights.jpg>.
21. **Atlas COPCO.** Atlas COPCO. [Online] Atlas Copco, 2009. [Citação: 22 de Junho de 2009.] <http://productpagesct.atlascopco.com/ProductPages.asp?MASTER=PP%20MASTER%20GA%2090%20500&Lng=PT&Country=PT>.
22. **Campos, Vicente Falcone.** *Controle Total de Qualidade*. Minas Gerais : INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.
23. **Werkema, M.C.C.** *As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos*. Belo Horizonte : Fundação Christiano Ottoni, 1995.
24. **Wikipédia.** Wikipédia, a enciclopédia livre. *Wikipédia*. [Online] Wikimedia Foundation, Inc, 16 de Junho de 2009. [Citação: 16 de Junho de 2009.] [http://pt.wikipedia.org/wiki/Protocolo\\_de\\_Quito](http://pt.wikipedia.org/wiki/Protocolo_de_Quito).
25. —. Wikipédia, a enciclopédia livre. *Wikipédia*. [Online] Wikimedia Foundation, Inc, 29 de Maio de 2009. [Citação: 16 de Junho de 2009.]
26. —. Wikipédia, a enciclopédia livre. *Wikipédia*. [Online] Wikimedia Foundation, Inc, 1 de Junho de 2009. [Citação: 18 de Junho de 2009.] <http://pt.wikipedia.org/wiki/LED>.
27. **Kern & Sohn GmbH.** *Kern & Sohn GmbH*. [Online] 2009. [Citação: 22 de Junho de 2009.] <http://www.kern-sohn.com/pt/shop/catalogo-164.html#zubehoer>.

# 10

## Anexos

Anexo A – Consumos Eléctricos dos Equipamentos de Maquinagem

Anexo B – Consumos Eléctricos dos Equipamentos de Fundição

Anexo C – Diagrama de Instalação de gás Natural

Anexo D – Diagrama de Instalação dos Quadros Eléctricos

Anexo E – Diagrama da Rede de Ar Comprimido

Anexo F – Diagrama da Rede de Água da Companhia



## ANEXO A – CONSUMOS ELÉCTRICOS DOS EQUIPAMENTOS DE MAQUINAGEM

	Nome	Total (Mês) kW	Total (Ano) kW
General Part division	Chiron	22.334,40	245.678,40
	Chiron	22.334,40	245.678,40
	Chiron	17.371,20	191.083,20
	Chiron	17.371,20	191.083,20
	Chiron	34.742,40	382.166,40
	Masak	16.006,32	176.069,52
	SERI	31.020,00	341.220,00
	SERI	31.020,00	341.220,00
	SERI	31.020,00	341.220,00
	SERI	31.020,00	341.220,00
	SERI	17.371,20	191.083,20
	SERI	17.371,20	191.083,20
	SERI	8.685,60	95.541,60
	SERI	21.093,60	232.029,60
	SERI	21.093,60	232.029,60
	COGEIM	12.408,00	136.488,00
	OMSG	18.612,00	204.732,00
	COGEIM	21.093,60	232.029,60
Filter division	Chiron	34.742,40	382.166,40
	Chiron	34.742,40	382.166,40
	Chiron	34.742,40	382.166,40
	Chiron	34.742,40	382.166,40
	Chiron	34.742,40	382.166,40
	Chiron	34.742,40	382.166,40
	Seri	3.722,40	40.946,40
	SERI	31.020,00	341.220,00
	Seri	26.056,80	286.624,80
	Seri	3.722,40	40.946,40
	Seri	43.428,00	477.708,00
	Seri	43.428,00	477.708,00
	Seri	9.306,00	102.366,00
	Seri	14.889,60	163.785,60
	Seri	6.204,00	68.244,00
	<b>TOTAL kW</b>	<b>782.200,32</b>	<b>8.604.203,52</b>
	<b>TOTAL tep</b>	<b>67,27</b>	<b>739,96</b>





## ANEXO B – CONSUMOS ELÉCTRICOS DOS EQUIPAMENTOS DE FUNDIÇÃO

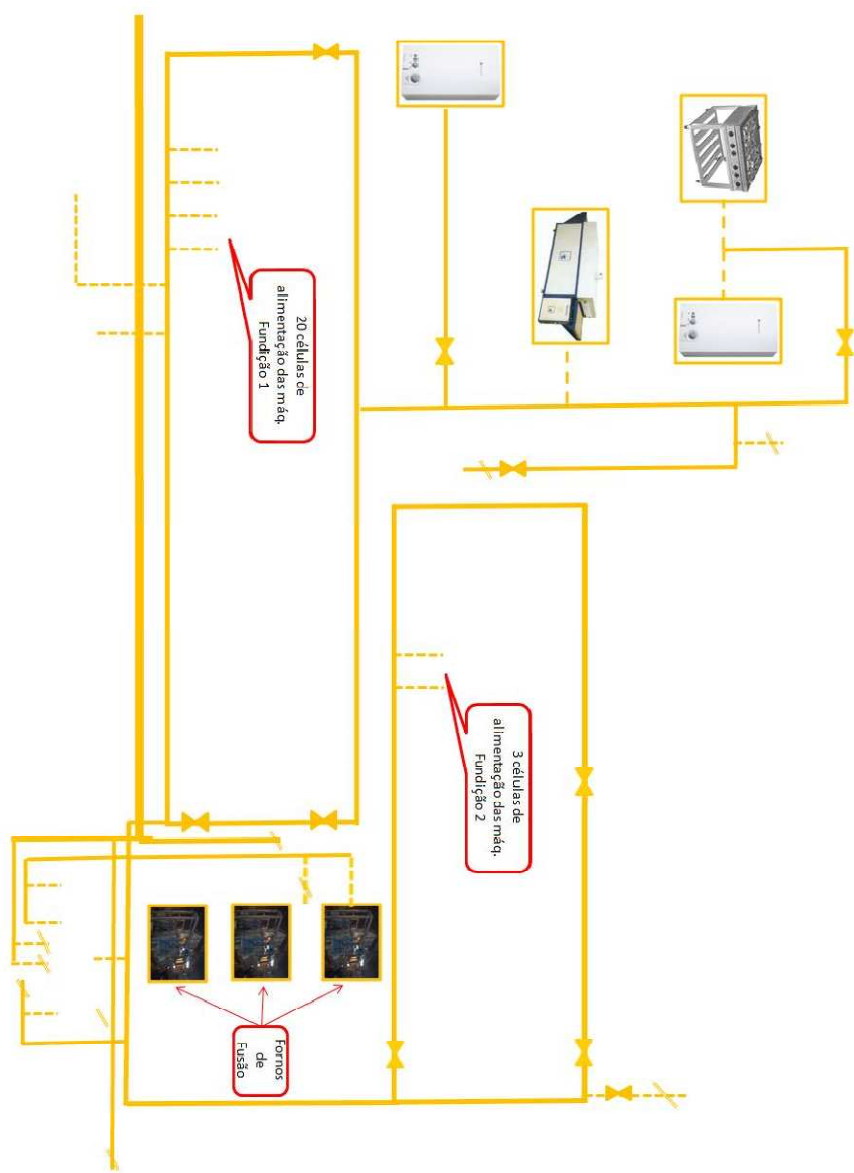
	Função	Total (mês) kW	Total (ano) kw
Célula 206	<b>Die casting mach</b>	9.306,00	102.366,00
	Lubrificator	2.481,60	27.297,60
	Liquid Alum feeder	1.364,88	15.013,68
	Holding Furnace	24.816,00	272.976,00
	Hidraulic press	9.306,00	102.366,00
Célula 208	<b>Die casting mach</b>	9.306,00	102.366,00
	Lubrificator	2.481,60	27.297,60
	Liquid Alum feeder	1.364,88	15.013,68
	Holding Furnace	24.816,00	272.976,00
	Hidraulic press	9.306,00	102.366,00
Célula 210	<b>Die casting mach</b>	9.306,00	102.366,00
	Lubrificator	2.481,60	27.297,60
	Liquid Alum feeder	1.364,88	15.013,68
	Holding Furnace	24.816,00	272.976,00
	Hidraulic press	9.306,00	102.366,00
Célula 212	<b>Die casting mach</b>	9.306,00	102.366,00
	Lubrificator	2.481,60	27.297,60
	Liquid Alum feeder	1.364,88	15.013,68
	Holding Furnace	24.816,00	272.976,00
	Hidraulic press	9.306,00	102.366,00
Célula 216	<b>Die casting mach</b>	9.306,00	102.366,00
	Lubrificator	2.481,60	27.297,60
	Liquid Alum feeder	1.364,88	15.013,68
	Holding Furnace	24.816,00	272.976,00
	Hidraulic press	9.306,00	102.366,00
Célula 302	<b>Die casting mach</b>	18.612,00	204.732,00
	Lubrificator	2.481,60	27.297,60
	Liquid Alum feeder	1.364,88	15.013,68
	Holding Furnace	24.816,00	272.976,00
	Hidraulic press	9.306,00	102.366,00
Célula 401	<b>Die casting mach</b>	22.334,40	245.678,40
	Lubrificator	2.481,60	27.297,60
	Liquid Alum feeder	1.364,88	15.013,68
	Holding Furnace	24.816,00	272.976,00
	Hidraulic press	9.306,00	102.366,00
Célula 403	<b>Die casting mach</b>	22.334,40	245.678,40
	Lubrificator	2.481,60	27.297,60
	Liquid Alum feeder	1.364,88	15.013,68
	Holding Furnace	24.816,00	272.976,00
	Hidraulic press	9.306,00	102.366,00
Célula 404	<b>Die casting mach</b>	22.334,40	245.678,40
	Lubrificator	2.481,60	27.297,60
	Liquid Alum feeder	1.364,88	15.013,68
	Holding Furnace	24.816,00	272.976,00

	Hidraulic press	9.306,00	102.366,00
Célula 405	<b>Die casting mach</b>	22.334,40	245.678,40
	Lubrificator	2.481,60	27.297,60
	Liquid Alum feeder	1.364,88	15.013,68
	Holding Furnace	24.816,00	272.976,00
	Hidraulic press	9.306,00	102.366,00
Célula 415	<b>Die casting mach</b>	22.334,40	245.678,40
	Lubrificator	2.481,60	27.297,60
	Hidraulic press	9.306,00	102.366,00
Célula 418	<b>Die casting mach</b>	22.334,40	245.678,40
	Lubrificator	2.481,60	27.297,60
	Liquid Alum feeder	1.364,88	15.013,68
	Holding Furnace	24.816,00	272.976,00
	Hidraulic press	9.306,00	102.366,00
Célula 507	<b>Die casting mach</b>	27.297,60	300.273,60
	Lubrificator	2.481,60	27.297,60
	Liquid Alum feeder	1.364,88	15.013,68
	Holding Furnace	24.816,00	272.976,00
	Hidraulic press	9.306,00	102.366,00
Célula 513	<b>Die casting mach</b>	27.297,60	300.273,60
	Lubrificator	2.481,60	27.297,60
	Liquid Alum feeder	1.364,88	15.013,68
	Holding Furnace	24.816,00	272.976,00
	Hidraulic press	9.306,00	102.366,00
Célula 520	<b>Die casting mach</b>	27.297,60	300.273,60
	Lubrificator	2.481,60	27.297,60
	Liquid Alum feeder	1.364,88	15.013,68
	Holding Furnace	24.816,00	272.976,00
	Hidraulic press	9.306,00	102.366,00
Célula 614	<b>Die casting mach</b>	37.224,00	409.464,00
	Lubrificator	2.481,60	27.297,60
	Liquid Alum feeder	1.364,88	15.013,68
	Holding Furnace	24.816,00	272.976,00
	Hidraulic press	9.306,00	102.366,00
Célula 617	<b>Die casting mach</b>	37.224,00	409.464,00
	Lubrificator	2.481,60	27.297,60
	Liquid Alum feeder	1.364,88	15.013,68
	Holding Furnace	24.816,00	272.976,00
	Hidraulic press	9.306,00	102.366,00
Célula 619	<b>Die casting mach</b>	37.224,00	409.464,00
	Lubrificator	2.481,60	27.297,60
	Liquid Alum feeder	1.364,88	15.013,68
	Holding Furnace	24.816,00	272.976,00
	Hidraulic press	9.306,00	102.366,00
Célula 821	<b>Die casting mach</b>	49.632,00	545.952,00
	Lubrificator	2.481,60	27.297,60
	Liquid Alum feeder	1.364,88	
	Holding Furnace	24.816,00	272.976,00
	Hidraulic press	9.306,00	

Célula 823	<b>Die casting mach</b>	37.224,00	409.464,00
	Lubrificator	2.481,60	27.297,60
	Liquid Alum feeder	1.364,88	
	Holding Furnace	24.816,00	
	Hidraulic press	9.306,00	102.366,00
Célula 1122	<b>Die casting mach</b>	49.632,00	
	Lubrificator	2.481,60	27.297,60
	Liquid Alum feeder	1.364,88	15.013,68
	Holding Furnace	24.816,00	
	Hidraulic press	9.306,00	102.366,00
<b>TOTAL kW</b>		<b>1.326.539,28</b>	<b>13.367.634,72</b>
<b>TOTAL tep</b>		<b>1.326,54</b>	<b>13.367,63</b>
<b>TOTAL</b>		<b>114,0814654</b>	<b>1149,607389</b>

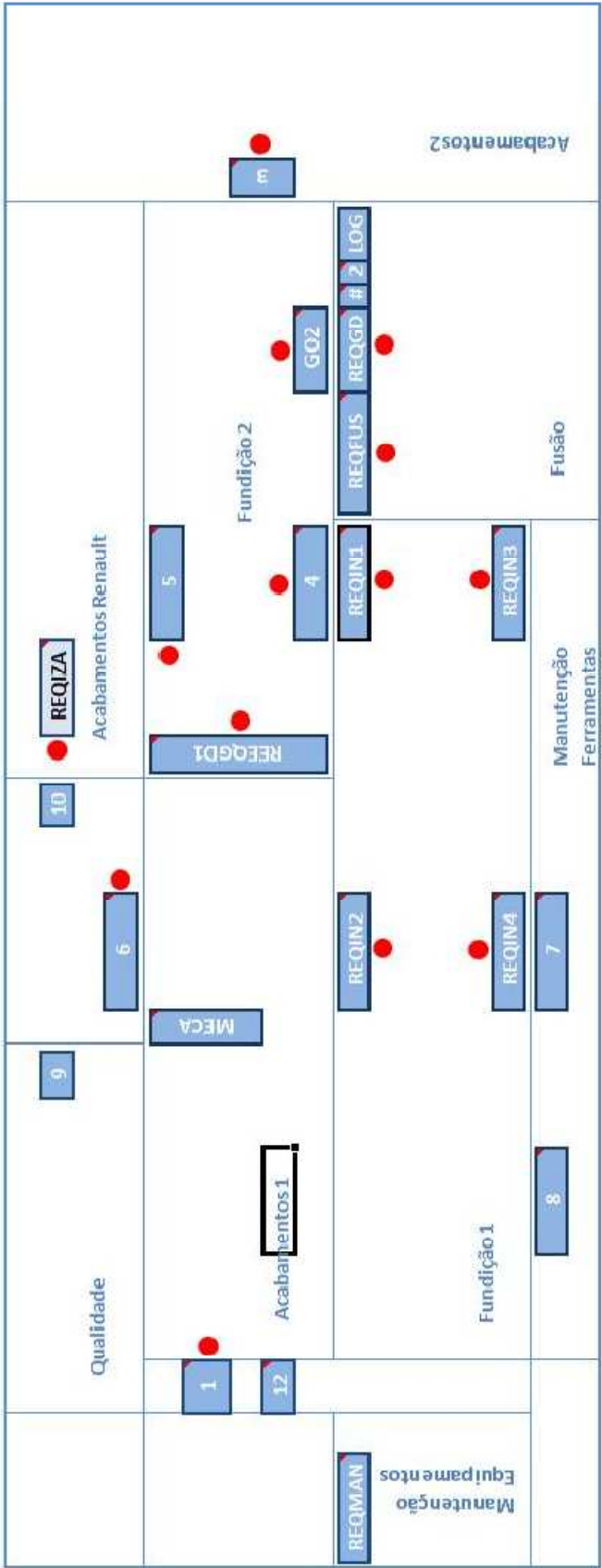


ANEXO C – DIAGRAMA DE INSTALAÇÃO DE GÁS NATURAL





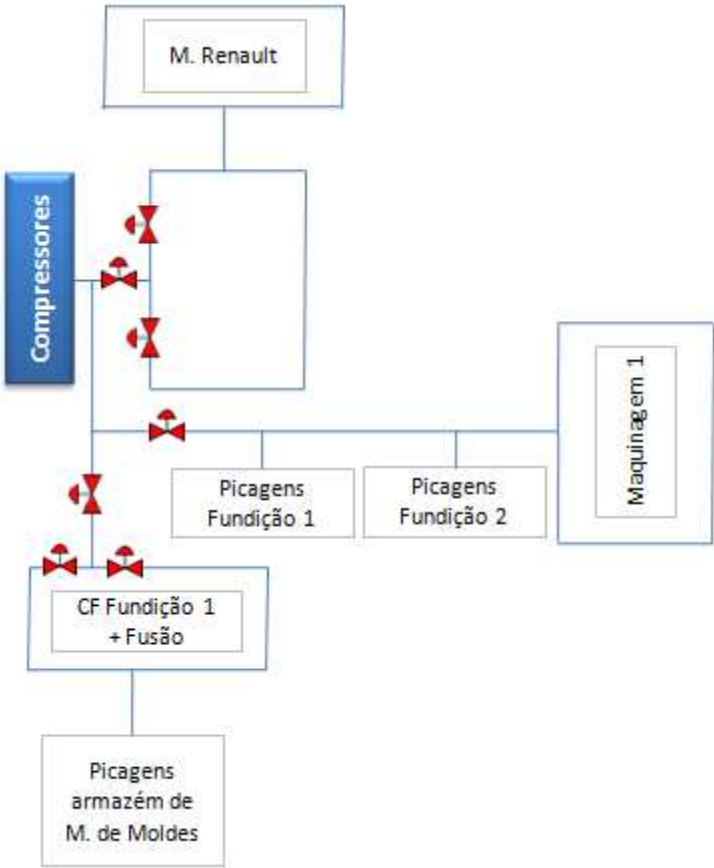
ANEXO D – DIAGRAMA DE INSTALAÇÃO DOS QUADROS ELÉCTRICOS







ANEXO E – DIAGRAMA DA REDE DE AR COMPRIMIDO





ANEXO F – DIAGRAMA DA REDE DE ÁGUA DA COMPANHIA

